

Ueber die Ermittlung des Nutzeffectes der Feuerungsanlagen.

Vortrag, gehalten im österr. Ingenieur- und Architekten-Vereine am 19. April 1884,
von **Franz Schwachhöfer**, o. ö. Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 18.)

Ich habe meinem Vortrage den Titel gegeben „Ueber die Ermittlung des Nutzeffectes der Feuerungsanlagen“. Diese Signatur deckt nicht ganz das, was ich die Ehre haben werde, Ihnen mitzutheilen. Es wäre vielleicht zweckmässiger gewesen, die Bezeichnung „Ueber den Chemismus des Verbrennungsprocesses“ zu wählen. Ich habe aber doch den ersten Titel vorgezogen, um nicht glauben zu machen, es handle sich um langathmige theoretische Entwicklungen, was durchaus nicht meine Absicht ist.

Ich will vielmehr ganz kurz an der Hand einiger chemisch-physikalischer Grundsätze und Erfahrungsdaten den Verbrennungsprocess besprechen und dabei besonders auf jene Momente Rücksicht nehmen, welche Wärmeverluste bedingen, also den Nutzeffect vermindern.

Die Menge der producirtten Wärme ist abhängig: 1. von dem chemischen Bestande des Brennstoffes, 2. von seiner physikalischen Beschaffenheit und 3. von den Bedingungen, unter welchen die Verbrennung erfolgt.

Ein Erfahrungssatz der Wärmelehre sagt uns, dass die Menge der producirtten Wärme immer gleich ist, ob die Verbrennung rasch oder langsam, ob sie in reinem Sauerstoff oder in der Luft erfolgt, wenn sie nur eine vollständige ist, d. h. wenn aller Kohlenstoff zu Kohlensäure und aller Wasserstoff zu Wasser verbrennt.

Dieser Erfahrungssatz trifft jedoch in der Praxis nicht zu oder ist wenigstens nur bedingungsweise richtig.

Die Mineralkohlen (Stein- und Braunkohle), welche uns zunächst interessiren, bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, hygroskopischem Wasser und Asche, nebst geringen Mengen Stickstoff und Schwefel.

Die genannten Elemente sind aber nicht frei, sondern befinden sich sämmtlich in chemischer Verbindung. Auch der Kohlenstoff ist nicht im freien Zustande vorhanden, wie früher irrthümlich angenommen wurde, sondern er ist mit Wasserstoff und Sauerstoff verbunden. Auch ist die Kohle, wenn sie äusserlich noch so homogen erscheint, wie dies bei gewissen Glanzkohlen der Fall ist, nicht eine einfache chemische Verbindung, sondern ein buntes Gemenge der verschiedenartigsten Kohlenstoffverbindungen.

Wenn man eine Kohle entzündet, so gehen zwei Processe nebeneinander vor sich:

1. Trockene Destillation,
2. Verbrennung.

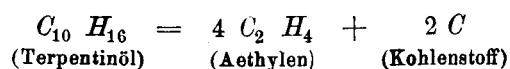
Die trockene Destillation ist eine Art Vergasung; sie geht in allen Fällen, wo die Verbrennung mit Flamme erfolgt, dieser voran. Nur die entwickelten Gase und Dämpfe brennen mit Flamme, die feste Substanz des Brennstoffes nicht.

Die Vergasung ist aber nicht nur eine Veränderung des Aggregatzustandes, sondern bedingt auch eine ganz gewaltige Veränderung der chemischen Constitution. Es entstehen durch die Umformung ganz neue Verbindungen, welche mit den natürlichen, in der Kohle vorhandenen gar

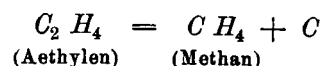
nichts mehr gemein haben. Welche Verbindungen entstehen, hängt, ausser von der chemischen Constitution der Kohle, hauptsächlich vom Hitzgrade ab. Je höher die Temperatur ist, desto mehr Neigung besitzen die Elemente, sich zu einfacheren Verbindungen zu gruppiren.

Einen Beweis dafür geben z. B. die Terpene, welche unter Umständen auch als Producte der trockenen Destillation auftreten.

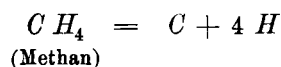
Das Terpentinöl geht bei 160° C. in Dampfform über. Wird dieser Dampf höher erhitzt, z. B. in der Weise, dass man denselben durch ein glühendes Rohr leitet, so zerfällt die Verbindung in Aethylen (schweren Kohlenwasserstoff) und in Kohlenstoff.



Bei steigender Temperatur findet eine weitere Zerlegung in Methan (leichten Kohlenwasserstoff) und in Kohlenstoff statt.



In der Weissgluth endlich, oder beim Durchschlage eines elektrischen Funkenstromes, zerfällt auch das Methan in seine Elemente.



Diese Zerlegung verläuft aber keineswegs so glatt, wie es sich in den Formeln ausdrückt. Es finden immer andere Zwischenprocesse statt. Der abgeschiedene Kohlenstoff ist niemals rein, sondern enthält stets noch Wasserstoff. Ebenso sind die aus der Röhre entweichenden Gase nicht rein, sondern mit brenzlichen Substanzen gemengt.

Es können also aus einem und demselben Brennstoff verschiedene Producte entstehen, je nach der Temperatur, unter welcher die Vergasung vor sich geht. Eine weitere Complication tritt ein, wenn Vergasung und Verbrennung nebeneinander verlaufen.

Die Verbrennungsbedingungen dieser drei Gase: des Wasserstoffs, des Methans und Aethylens sind nämlich wesentlich verschieden.

Der freie Wasserstoff brennt schon bei mässiger Rothglut, das Methan aber erst in der Weissglühhitze und zwar ohne vorhergehende Zerlegung. Ganz anders verhält sich das Aethylen; dieses wird schon durch seine eigene Verbrennungswärme gespalten, in leichten Kohlenwasserstoff und Kohlenstoff, welcher in der Flamme suspendirt bleibt und das Leuchten derselben bewirkt.

Ueberhaupt ist nur der Wasserstoff im Aethylen leicht verbrennbar und verbrennt stets für sich allein; der Kohlenstoff wird ausgeschieden und verbrennt ebenfalls für sich allein.

Es ist das eine merkwürdige Eigenschaft dieses Gases und auch der Grund, weshalb gerade bei diesem Gase die

calorimetrisch ermittelte Verbrennungswärme übereinstimmt mit der aus der Analyse berechneten, was bei den meisten andern Verbindungen nicht der Fall ist. Ist der Luftzutritt nicht genügend oder kommt die leuchtende Flamme mit kälteren Wänden in Berührung, so findet sofort eine Ausscheidung von Kohlenstoff als Russ statt.

Die Rauchbildung, welche in der frischen Brennstoffschüttung auftritt, hat ihren Grund vorzugsweise in der Zerlegung des Aethylens; nebenbei wohl auch darin, dass gewisse Producte der trockenen Destillation schon bei einer Temperatur flüchtig werden, die noch weit unter ihrer Entzündungstemperatur liegt. Diese Gase und Dämpfe entweichen daher unverbrannt.

Im ersteren Falle (wenn das Aethylen zerlegt wird) ist der Rauch schwarz von suspendirtem Kohlenstoff, im letzteren Falle (wenn blos Producte der trockenen Destillation entweichen) ist er gelblich oder grauweiss.

Nehmen wir an, die Verbrennung würde in den vor genannten vier Fällen vollständig erfolgen, d. h. es würden blos Kohlensäure und Wasserstoff als Endproducte resultiren, so sind die Verbrennungswärmen dennoch ganz verschieden.

Terpentinöl gibt, im Calorimeter verbrannt, einen Wärme-Effect von 10,874 Calorien.

Lässt man die Zerlegung vor sich gehen, so dass Aethylen und Kohlenstoff gebildet werden, so resultirt eine Verbrennungswärme von 11,191 Calorien, folglich eine Differenz von + 317 Calorien.

Lässt man der Verbrennung die Zerlegung vorangehen, so dass Methan entsteht, so erhält man 10,425 Calorien, daher die Differenz — 449 Calorien.

Geht endlich die Zerlegung vollständig vor sich, so dass nur C und H resultirt, so ergibt sich eine Verbrennungswärme von 11,193 Calorien, folglich eine Differenz von + 319 Calorien.

In Formeln ausgedrückt stellt sich diese Zerlegung dar wie folgt:

C a l o r i e n	Differenz	
	in Calorien	in Procent
$C_{10} H_{16}$	10,874	
$C_{10} H_{16} = 4 C_2 H_4 + 2 C$	11,191	+ 317 2·9
$4 C_2 H_4 + 2 C = 4 C H_4 + 6 C$	10,425	— 449 4·1
$4 C H_4 + 6 C = 16 H + 10 C$	11,193	+ 319 2·9

Es kann also ein und derselbe Brennstoff bei vollkommener Verbrennung ganz verschiedene Wärmemengen liefern, je nach dem Verlauf des Vergasungs- oder Destillationsprocesses, welcher der Verbrennung vorangeht.

Der früher citirte Erfahrungssatz hat daher nur für die Elemente und für solche Verbindungen Giltigkeit, welche ohne Bildung intermediärer Producte geradeauf zu Kohlensäure und Wasser verbrennen. In allen Fällen aber, wo der feste Brennstoff vorerst zur Vergasung gelangt, ist dieser Satz ungiltig.

Daraus ergibt sich noch der weitere Schluss, dass man den theoretischen Wärme-Effect (d. h. den höchsten Nutz-

effect, welchen die Kohle überhaupt zu leisten vermag) durch Verbrennen in einem Luftstrome, also z. B. in einem dampfkesselähnlich eingerichteten Calorimeter *) nicht ermitteln kann, auch selbst dann nicht, wenn die Verbrennung eine vollkommene ist und alle Wärmeverluste bestimmt werden können. Man wird immer nur Werthe finden, welche den gegebenen Verhältnissen (den Zufälligkeiten, welche am Feuerherde herrschen) entsprechen. Aendern sich diese Verhältnisse, so verändert sich damit auch die Grösse der Wärmeproduction.

Den höchsten Wärme-Effect gibt die Kohle dann, wenn die trockene Destillation und die Bildung intermediärer Producte vermieden wird, ein Entflammen also nicht eintritt — und das ist nur möglich bei der Verbrennung im Sauerstoffgasstrome. Nur auf diese Art gelingt es, den theoretischen Nutzeffect mit Sicherheit zu ermitteln.

In früherer Zeit wurde die Verbrennungswärme aus der chemischen Zusammensetzung der Kohle berechnet, und zum Theil geschieht dies auch heute noch.

Nach der Dulong'schen Formel ist der absolute Wärme-Effect

$$p = \frac{8,080 C + 34,462 \left(H - \frac{O}{8} \right)}{100}$$

worin C, H und O die durch die organische Elementar-Analyse gefundenen Gewichtsprocente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bedeuten.

Der Verdampfungswerth V wird erhalten, wenn man p durch 637 dividirt, d. h. 1. Gewichtstheil Kohle ist im Stande $\frac{p}{637}$ Gewichtstheile Wasser von Null Grad in Dampf von 100° C. zu verwandeln.

Diese Formel gibt jedoch nur rohe Näherungswerthe, weil ihr principielle Fehler zu Grunde liegen. Der grösste Fehler ist der, dass in der Rechnung die Verbrennungswärme des freien Kohlenstoffes und jene des freien Wasserstoffes eingeführt ist. Da nun, wie früher erwähnt, in der Kohle weder freier Kohlenstoff, noch freier Wasserstoff vorkommt und die Elemente im freien Zustande eine ganz andere Verbrennungswärme geben, als in chemischer Bindung, so sind diese Zahlen unrichtig.

Die Differenzen, zwischen der nach der Dulong'schen Formel berechneten und der direct bestimmten Wärmemenge im Calorimeter, sind bald Plus bald Minus, nur ausnahmsweise sind sie gleich Null, wie nachstehende Zahlen beweisen.

	Calorien		Differenz
	im Calorimeter ermittelt	aus der Elementar-Analyse berechnet	
Methylalkohol.....	5.307	4.826	+ 481
Aethylen	11.850	11.850	0
Methan	13.063	14.675	— 1612

*) Siehe Zeitschrift 1882, II. Heft.

Auch Verbindungen von ganz gleicher procentischer Zusammensetzung geben verschiedene Brennwerthe. Z. B.:

Aethylen ($C_2 H_4$) 11,850

Paramylen ($C_{10} H_{20}$).... 11,303

Metamylen ($C_{20} H_{40}$).... 10,928

Alle diese drei Verbindungen bestehen aus:

85.7 % Kohlenstoff und

14.3 % Wasserstoff.

Man sieht also, dass die Verbrennungswärme abnimmt mit steigender Molecular-Condensation.

Wie ausserordentlich verschieden Verbindungen von gleicher procentischer Zusammensetzung bei der Vergasung sich verhalten, mag folgendes Beispiel zeigen.

Cellulose, Stärke und Gummi sind ganz gleich zusammengesetzt. Alle drei haben die Formel $C_6 H_{10} O_5$ und bestehen aus 44.45 C, 6.17 H und 49.38 O.

Wenn man diese drei Substanzen der trockenen Destillation unterwirft, so ergibt sich (nach den Beobachtungen von Muck), dass die Cellulose 6.7, die Stärke 11.3, das Gummi 20.4 % Kohlenstoff hinterlässt. Es gehen daher im 1. Falle 37.7, im 2. Falle 33.1 und im 3. Falle 24.0 % Kohlenstoff in den gasförmigen Zustand über. Die dabei auftretenden Gase haben eine ganz verschiedene Zusammensetzung und geben daher auch verschiedene Wärmemengen.

Nach diesen Darlegungen kann es nicht mehr auffällig erscheinen, wenn zwei Kohlen von gleicher Zusammensetzung verschiedene Wärme-Effekte bei der Verbrennung liefern.

Der theoretische Wärme-Effect eines Brennmateri- als ist in der Praxis nie erreichbar, weil (wenn auch die Verbrennung unter den günstigsten Bedingungen stattfindet) doch immer mehrfache Verluste resultiren.

Diese Verluste sind:

1. Das Entweichen der Essengase mit hoher Temperatur.
2. Die unvollständige Verbrennung, und zwar:
 - a) durch Bildung von Russ,
 - b) durch Entweichen brennbarer Gase,
 - c) durch den Kohlenabgang in den Aschenfall.
3. Ergibt sich ein Verlust durch Leitung und Ausstrahlung.

Um diese Verluste (speciell bei Dampfkessel-Anlagen) zu ermitteln, müssen folgende Bestimmungen ausgeführt werden:

1. Menge und Temperatur des Speisewassers.
2. Dampfdruck und Temperatur, falls nicht bei freiem Abzuge des Dampfes gearbeitet wird, was zur Verhinderung des Wasserüberreissens viel zweckmässiger ist.
3. Das Gewicht der zur Verbrennung gelangenden Kohle.
4. Die Elementar-Zusammensetzung und der calorische Werth der Kohle.
5. Die Menge und Zusammensetzung des Abganges in den Aschenfall.
6. Die Menge, Temperatur und Zusammensetzung der Essengase.
7. Die Menge, Temperatur und der Feuchtigkeitsgehalt der zuströmenden atmosphärischen Luft.

Selbstverständlich ist vorausgesetzt, dass die Anlage bei Beginn des Versuches sich im Beharrungszustande be-

findet und dieser Zustand während der ganzen Versuchsdauer beibehalten wird. Eine Unterbrechung des Versuches ist nicht statthaft. Ferner ist vorausgesetzt, dass der Wasserstand am Schlusse des Versuches genau derselbe sei, wie beim Beginn; endlich, dass der Versuch längere Zeit, mindestens 8—10 Stunden, fortgesetzt wird, um die unvermeidlichen Beobachtungsfehler möglichst zu vermindern.

Alle diese aufgezählten Bestimmungen sind so einfach, dass ich hier in einer Gesellschaft von gewiegten Fachleuten kaum eine Bemerkung darüber zu machen habe.

Nur die Bestimmungen 4 und 6 erfordern eine Erörterung. Ueber den Punkt 4 werde ich mir erlauben, bei einer anderen Gelegenheit zu sprechen, weil es nicht gut thunlich ist, einen so umfangreichen Gegenstand nur nebenbei abzuthun. Auch kommt diese Arbeit nicht dem Ingenieur zu, welcher den Verdampfungsversuch ausführt, sondern ist lediglich Sache des Chemikers und kann nur in einem chemischen Laboratorium ausgeführt werden. Anders verhält es sich jedoch mit der Untersuchung der Gase. Die Gasanalyse hängt mit dem Heizversuch auf das Innigste zusammen und muss gleich an Ort und Stelle ausgeführt werden. Schon während des Versuches muss der Feuerungsgang darnach regulirt werden. Ohne Kenntniss der Zusammensetzung der Schornsteingase ist es ganz unmöglich, einen auch nur annäherungsweise richtigen Schluss auf den Feuerungsgang zu machen. Man darf wohl ohne Wagniss behaupten, dass der wesentlichste Fortschritt, welcher in den letzteren Jahren auf dem Gebiete des Feuerungswesens gemacht wurde, zum guten Theile der Gasanalyse zu verdanken ist. Durch diese wurde erst ein klarer Einblick in den Chemismus des Verbrennungsprocesses gewonnen. Vorher hatte man keine Ahnung über die Grösse der Wärmeverluste bei Feuerungsanlagen aller Art. Am wenigsten wusste man, wo diese Verluste zu suchen sind und welche Mittel zur Verringerung derselben angewendet werden müssen. Man glaubt mit der Erzielung einer rauchlosen Feuerung schon das Ideal eines vortheilhaften Feuerungsbetriebes erreicht zu haben.

Es liegt in der Natur der Sache, dass man zuerst auf die sichtbaren und greifbaren Verluste das Augenmerk richtete, also auf den Rauch- und Kohlenabgang in den Aschenfall. Man wählte complicirte Rostconstructions und suchte oft mit den kostspieligsten Mitteln (durch Vergrösserung des Schornsteines, Anbringung von Unterwindgebläsen, Exhaustoren etc.) den Zug zu vermehren. Dass auch bei einer rauchlosen Verbrennung sehr grosse Verluste resultiren können (unter Umständen noch viel bedeutendere als bei qualemendem Schloft), und dass durch die Beseitigung des einen Fehlers häufig ein zweiter, viel grösserer Fehler herbeigeführt wurde, musste der Beobachtung entgehen, weil jeder Anhaltspunkt hiefür fehlte. Erst die Gasanalyse im Vereine mit den Temperaturmessungen und der chemisch-physikalischen Untersuchung des Brennstoffes hat die richtige Aufklärung erbracht. Man wurde dadurch in die Lage versetzt, zu constatiren, ob und in welcher Menge brennbare Gase auftreten, welches Minimalquantum von atmosphärischer Luft unter den gegebenen Verhältnissen in praxi zur vollständigen Verbrennung ausreicht, ob nicht etwa durch schlechte Einrichtung des Feuerherdes oder durch Undicht-

heiten im Mauerwerk oder durch nachlässige Bedienung des Feuers Luft zuströmt, welche zur Verbrennung nicht nur nichts beiträgt, sondern sogar noch schädlich wirkt. Man konnte ferner die Wirksamkeit der einzelnen Sectionen des Dampfgenerators genau ermitteln und kam dabei auf verschiedene Constructionsfehler, welche bis dahin ganz unbeachtet blieben.

Man gewann endlich sichere Daten über die zweckmässigsten Dimensionen der Feuerzüge und des Schornsteines, welche bisher immer nur traditionell (schablonenmässig) ohne jede sichere Grundlage angenommen wurden.

Allerdings wurden vor vielen Jahren auch schon Heizversuche vorgenommen, aber wie! Man hatte dabei alle möglichen Aufschreibungen gemacht (wie z. B. Bewölkung des Himmels, Windrichtung, Barometerstand etc.), mit denen man schliesslich nichts anzufangen wusste. Nur die wichtigsten Daten: die Zusammensetzung des Brennstoffes und der abziehenden Gase hat man nicht ermittelt.

Man wusste nicht, wie viel Wärme producirt wurde, wie viel durch den Schornstein und durch andere Nebenumstände verloren ging. Die sichtbaren und fühlbaren Verluste (namentlich der Gehalt des Rauches an festem Kohlenstoff und die Strahlung der Anlage) wurden weit überschätzt, die unsichtbaren Verluste hingegen — welche am meisten in's Gewicht fallen — vernachlässigt.

Gestatten Sie, meine Herren, dass ich einige Worte über diese unsichtbaren Verluste spreche. Diese Verluste sind bedingt einerseits in dem Luftüberschuss, der zur Verbrennung angewendet wird, andererseits in dem Entweichen brennbarer Gase, die sich durch den blossen Augenschein nicht zu erkennen geben, da sie eben so farblos sind, wie die atmosphärische Luft. Der erstgenannte Verlust ist in der Regel der weitaus grösste von allen. Er ist abhängig 1. von der Luftmenge und 2. von der Temperatur der abziehenden Gase. Die theoretisch berechnete Luftmenge reicht in Wirklichkeit zur vollständigen Verbrennung niemals aus; ein Ueberschuss ist unter allen Umständen nothwendig.

Mit einem je geringeren Ueberschuss man das Auslangen findet, desto höher ist der Nutzeffect. Bei der Gasfeuerung und sogenannten Halbgasfeuerung genügt schon die $1\frac{1}{2}$ - bis zweifache Menge der theoretisch berechneten Luftmenge.

Bei directer Verwendung des festen Brennstoffes (also bei gewöhnlicher Rostfeuerung) ist das zwei- bis dreifache Luftquantum erforderlich und bei mangelhafter Einrichtung oder bei nachlässiger Wartung, oder bei forcirtem Betriebe wird nicht selten die $3\frac{1}{2}$ - bis $4\frac{1}{2}$ -fache Luftmenge in Anwendung gebracht.

Den zweiten Punkt, die Temperatur betreffend, ist zu bemerken, dass dieselbe bei den verschiedenen Feuerungsanlagen in sehr weiten Grenzen schwankt. Bei Dampfgeneratoren, Pfannenheizungen u. dgl. ist dieselbe in erster Linie von dem Verhältniss der Rostfläche zur Heizfläche abhängig, ferner von der Qualität des Brennmateri- als und von dem mehr oder minder forcirten Betriebe. Gewöhnlich bewegen sich die Schwankungen bei Stabkesseln zwischen 200° und 400° C. Unter ungünstigen Umständen kann jedoch die Temperatur auch auf 500° und noch darüber steigen.

Um 1 kg Luft nun von 20° auf 200° C. zu erwärmen, sind 43 Calorien nothwendig, und bei der Erwärmung auf 400° C. 90 Calorien.

Wäre nun die theoretische Luftmenge pro 1 kg Kohle 10 kg und das erzeugte Essengas 11 kg, so entführen diese schon bei 200° C. 492 Calorien. Erfolgt die Verbrennung mit dem zweifachen Luftüberschuss, so werden 922 Calorien entführt. Geht die Verbrennung mit dem dreifachen Luftüberschuss vor sich, so werden 1320 Calorien entführt.

Wäre die Temperatur der abziehenden Gase 400° C., so stellte sich der Schornsteinverlust wie folgt:

Bei zweifachem Luftüberschuss . . .	1934 Calorien
„ dreifachem „ . . .	2838 „

Hätte die Kohle beispielsweise einen calorischen Werth von 7000, so beträgt der Schornsteinverlust ausgedrückt in Procenten der verbrannten Kohle:

bei 200° C.	{	zweifachem Luftüberschuss	13·2
		dreifachem „	19·3
bei 400° C.	{	zweifachem Luftüberschuss	27·6
		dreifachem „	45·4

Es geht also im letzteren Falle nahezu die Hälfte der producirten Wärme durch den Schornstein verloren. Das ist aber noch lange nicht das ungünstigste Verhältniss. Nicht selten erreicht der Schornsteinverlust eine Höhe von 60% und darüber.

Vollständig kann die Wärme der Verbrennungsproducte niemals ausgenützt werden; dieselben müssen mit einer Temperatur abziehen, welche bedeutend höher ist, als jene der zuströmenden Luft, weil dadurch der dynamische Effect des Schornsteins bedingt wird. Ein gewisser Wärmeverlust ist also unvermeidlich. Jedoch lässt sich dieser Verlust (wie die Erfahrung gezeigt hat) auf ein bescheideneres Maass reduciren, und können gerade hier die allergrössten Ersparungen gemacht werden.

Schon geringer, aber unter Umständen dennoch ganz beträchtlich, sind die Verluste durch unvollständige Verbrennung.

Die brennbaren Gase, welche dabei auftreten, bestehen aus: Kohlenoxyd, leichtem Kohlenwasserstoff und freiem Wasserstoff. Schwerer Kohlenwasserstoff kommt in Rauchgasen niemals vor, weil derselbe in der Glühhitze in Kohlenstoff und leichten Kohlenwasserstoff zerfällt. Ueberhaupt ist die Menge der brennbaren Gase bei den gewöhnlichen Rostfeuerungen immer nur eine geringe, in der Regel unter 1%, nur selten erreicht sie die Höhe von 2—3%. Die Hauptmenge davon macht das Kohlenoxyd aus; Methan und freier Wasserstoff sind stets nur in Bruchtheilen eines Procents vorhanden.

Ganz anders verhält es sich bei den sogenannten Halbgasfeuerungen. Hier kann es vorkommen, dass bei schlecht geleitetem Betriebe brennbare Gase in grösserer Menge auftreten, namentlich Kohlenoxyd.

Direct entsteht dasselbe immer nur in geringer Menge. Ist der Luftzutritt ungenügend, so wird das Feuer zwar allmählig matter, aber die Kohlensäure überwiegt stets das Kohlenoxyd. Dieses letztere entsteht nur durch Reduction aus Kohlensäure, wenn dieselbe eine Schichte von glühenden Kohlen durchstreicht.

Bei Halbgasfeuerungen, wo die Schütthöhe am Roste eine sehr beträchtliche ist, tritt dieser Fall ein, und muss daher an jener Stelle, wo die hochoverhitzten Gase die Kohlen-schichte verlassen, für neuerlichen Luftzutritt gesorgt sein. Ist die Luftzufuhr an dieser Stelle zu gering, so entweicht ein Theil der Gase unverbrannt.

In die Rubrik „Wärmeverluste durch unvollständige Verbrennung“ gehört auch noch der Flugruss und der Kohlenabgang in den Aschenfall.

Die Gewichtsmenge des Flugrusses ist immer nur gering. Selbst bei stark qualmenden Feuerungen konnte ich niemals mehr als 1% bis höchstens 3% Wärmeverlust durch den Flugruss constatiren. Es ist dies auch leicht erklärlich, indem nur der allerfeinste Kohlenstaub und der lockere, sehr leichte, feinflockige Kohlenstoff, welcher sich durch Reduction oder Zerlegung aus den gas- und dampf-förmigen Producten der trockenen Destillation ausscheidet, mit dem Gasstrom fortgeführt wird. Grössere Kohlentheilchen können durch den Zug nicht mitgenommen werden. Ferner findet die Rauchbildung nur periodisch statt. Sie beginnt mit dem Aufwerfen und dauert gewöhnlich nur wenige Minuten. In der Regel ist die Zeit, wo es nicht raucht, viel länger, als die Rauchperiode. Auch das ist ein Grund, warum nicht sehr viel Kohlenstoff in Form von Flugruss verloren gehen kann.

Wesentlich grösser ist der Verlust durch den Kohlenabgang in den Aschenfall. Dieser Verlust ist von verschiedenen Momenten abhängig. Eine Kohle, welche leicht zerbröckelt und schon an und für sich viel Staub beigemischt enthält, gibt einen grösseren Abgang, als eine andere, bei welcher dies nicht der Fall ist. Die sogenannte Streifkohle (d. i. eine Kohle, bei welcher Matt- und Glanzkohle in sehr dünnen Schichten wechseln) zerbröckelt leicht und gibt viel Abfall.

Das Verhalten der Kohle im Feuer ist ebenfalls maassgebend. Jene Kohlen, welche im Feuer schmelzen, oder wenigstens backen, liefern weniger Abgang in den Aschenfall, als jene, die im Feuer zerfallen. Einen bedeutenden Einfluss auf die mehr oder minder vollkommene Verbrennung hat auch die Zusammensetzung der Asche. Enthält die Asche leicht schmelzbare Silicate und ist die Temperatur im Feuerherde hoch genug, so bilden sich Schlacken. Diese Schlacken schliessen nicht selten ganze Kohlentheile ein und hindern dieselbe an der Verbrennung. Dass auch die Construction des Rostes und die Bedienung des Feuers grossen Einfluss hat, ist zu bekannt, um hier des Näheren darauf einzugehen.

Nachstehendes Beispiel gibt das Bild eines mittelmässigen Feuerungsbetriebes, wie er in der Mehrzahl der Fälle angetroffen wird.

Die Anlage besteht aus drei gleich construirten Kesseln mit je zwei Unterkesseln. Jeder Kessel besitzt eine Gesamtrostfläche von $1.67 m^2$ und eine Gesamtheizfläche von $50 m^2$. Das Verhältniss dieser beiden stellt sich daher wie 1:30. Die drei Kessel sind nebeneinander aufgestellt und besitzen eine gemeinsame Einmauerung. Die Feuerung besteht aus je einem Planroste.

Zur Zeit der Versuchsanstellung waren alle drei Kessel im Betriebe. Bei dem in der Mitte situirten Kessel, welcher als Versuchsobject diente, wurde die Verdampfung bei freiem

Abzuge des Dampfes vorgenommen, um das Ueberreissen des Wassers zu verhindern, während die beiden seitlichen Kessel Dampf für den normalen Fabriksbetrieb lieferten. Der Versuchskessel war nach der Reinigung sämtlicher Feuerzüge acht Tage im Betrieb.

Die Querschnittsöffnung bei der Rauchklappe betrug anfänglich $0.18 m^2$ und wurde nach Vornahme der ersten Essengas-Analyse auf $0.12 m^2$ reducirt. Der Heizversuch dauerte von 8 Uhr Früh bis 6 Uhr Abends. In diesen zehn Beobachtungsstunden wurden $1286 kg$ Kohle verbrannt und damit $8100 kg$ Wasser verdampft.

Der Kessel wurde um 5 Uhr Früh angeheizt. Um 8 Uhr wurde der Aschenfall vollständig ausgeräumt, das Wasserniveau am Standzeiger markirt und von nun ab mit gewogener Kohle geheizt. Zur Heizung diente Ostrauer Nusskohle, welche in tarirten Karren zugeführt wurde. Die Zählung und Aufschreibung derselben geschah doppelt, das erste Mal bei der Wage, und das zweite Mal beim Kessel. Von jeder Schaufel wurde ein Stück Kohle in einen Kübel geworfen, aus welchem die Durchschnittsprobe für die chemisch-physikalische Untersuchung genommen wurde. Die ganze auf solche Art angesammelte Probe betrug $28 kg$, welche bei der Berechnung von der zugewogenen Kohle in Abzug gebracht wurden.

Zur Speisung wurde mit Aetzkalk und Soda präparirtes Brunnenwasser verwendet, welches in einem Röhrenwärmer auf $56^{\circ} C$. angewärmt wurde. Die Messung des Wassers erfolgte im Speisewasser-Reservoir und zur Controle auch noch mittelst eines Schmied'schen Messapparates.

Der Wasserstand im Kessel wurde während der ganzen Versuchsdauer annähernd gleich gehalten. Im Ganzen wurden sechs Rauchgas-Analysen vorgenommen. Jede Probe wurde durch einstündige Aspiration gewonnen.

Zur Gassammlung dienten Flaschen von je $20 l$ Capacität. Auf dem Wasser befand sich eine $2 cm$ starke Oel-schichte um die Absorption der Kohlensäure zu verhindern. Das Gassaugrohr war im Rauchcanal $2 m$ vom Kessel eingesetzt und gedichtet. Das Register befand sich noch weitere $2 m$ (gegen den Kamin zu) entfernt.

Die Temperatur der Rauchgase wurde mit einem Wasserstoff-Quecksilber-Thermometer gemessen, welches neben dem Saugrohr im Rauchcanal eingesetzt und gedichtet war. Die Temperatur der Rauchgase wurde von 15 zu 15 Minuten abgelesen.

Am Schluss des Versuches war die Beschickung des Rostes annähernd die gleiche wie bei Beginn. Der Aschenfall wurde wieder ausgeräumt und das Gewicht der Rückstände bestimmt.

I. Berechnung des Wärmeverlustes durch das Essengas.

a) Umrechnung der durch die Gasanalyse gefundenen Volumina der einzelnen Gase auf Gewichtstheile:

	Litergewicht in Grammen	×	Volum- theile	=	Gewichts- theile
Kohlenoxyd	1.2515	×	0.2	=	0.250
Kohlensäure	1.9666	×	6.1	=	11.996
Atmosphärische Luft	1.2936	×	68.7	=	88.870
Stickstoff	1.2566	×	25.0	=	31.415

b) Berechnung des Gewichtes der einzelnen Gasgemischtheile pro 1 kg der verbrannten Kohle.

In 1 kg Kohle sind 0.691 kg Kohlenstoff enthalten, davon gehen 0.057 kg in den Aschenfall, 0.007 kg entweichen als Flugruss und gelangen somit 0.627 kg zur Verbrennung. 1 Gewichtstheil Kohlenoxyd enthält 0.4286 Gewthl. Kohlenstoff

1	"	Kohlensäure	"	0.2727	"	"
In	0.250 kg	Kohlenoxyd	sind	0.10715 kg	Kohlenstoff	
"	11.996	" Kohlensäure	"	3.27131	"	"
		Summa..		3.37846 kg	Kohlenstoff	

enthalten.

Im Essengas von 1 *kg* der verbrannten Kohle sind demnach enthalten:

im Kohlenoxyd $\frac{0.10715 \times 0.627}{3.37846} = 0.0199 \text{ kg Kohlenstoff}$

in der Kohlensäure $\frac{3.27131 \times 0.627}{3.37846} = 0.6071$ „ „

und diese entsprechen:

0.047 *kg* Kohlenoxyd und
2.226 „ Kohlensäure.

Auf 3·37846 kg Kohlenstoff im Essengas entfallen
 88·87 kg atmosphärische Luft, auf 0·627 kg Kohlenstoff daher

$$\frac{88·87 \times 0·627}{3·37846} = 16\,493\text{ kg atmosphärische Luft.}$$

Für Stickstoff ergibt sich in der gleichen Weise

$$\frac{31.415 \times 0.627}{3.37846} = 5.830 \text{ kg.}$$

Der Wassergehalt des Essengases setzt sich zusammen:

1. Aus dem Wasser, welches schon als solches in der Kohle enthalten war

$$(0.1293 \times 0.0347 = 0.164);$$

2. aus dem Wasser, welches durch Verbrennung des disponiblen Wasserstoffes entsteht

$$(0\cdot027 \times 9 = 0\cdot243);$$

3. aus dem Wassergehalt der zur Feuerung strömenden atmosphärischen Luft. 77 Gewichtstheile Stickstoff entsprechen 100 Gewichtstheilen Luft, daher

$$\frac{5.83 \times 100}{77} = 7.571 \text{ Luft zur Verbrennung verbraucht}$$

$\frac{16.493}{24.064 \text{ kg}}$ „ im Ueberschuss
 Luft in Summa.

Die zuströmende Luft enthielt 0.75 Gewichtsprocente Wasserdampf

$$99.25 : 0.75 = 24.064 : x$$
$$x = 0.1818$$

Auf 1 kg der verbrannten Kohle entfallen demnach
Kilogramm Wasser:

$$\begin{array}{rcl} 0.164 + 0.243 = 0.4070 & \text{aus der Kohle} & \\ 0.1818 & \text{Luft} & \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{r} 0.164 \\ 0.1818 \end{array}} \right\} \text{Summa } 0.5888.$$

c) Berechnung der Wärmecapazität des Essengases:

	Kilogramm Gas pro 1 kg Kohle	×	Spec. Wärme	=	Wärme- capacität
Kohlenoxyd	0·047	×	0·246	=	0·012
Kohlensäure	2·226	×	0·216	=	0·501
Atmosphärische Luft.....	16·493	×	0·238	=	3·765
Stickstoff	5·830	×	0·244	=	1·423
Wasserdampf	0·589	×	0·481	=	0·283
			Summa..		5·984

d) Berechnung der Wärmecapacität der zugeströmten Luft:

	Kilo-gramm	× Spec. Wärme	= Wärme-capacität
Atmosphärische Luft	24·064	× 0·238	= 5·726
Wasserdampf	0·182	× 0·481	= 0·088
	Summa.. 5·814		

e) Berechnung des Wärmeverlustes durch das Essengas in Calorien:

	Wärme-capacität	× °C	= Calorien
Im Essengas	5·984	× 375	= 2234
In der zugeführten Luft	5·814	× 25	= 145
	Demnach Verlust.. 2089		

II. Berechnung des Wärmeverlustes durch unvollkommene Verbrennung.

a) Durch Kohlenoxyd	Kilo-gramm CO	× Calor. Werth	= Calorien
	0·047	× 2403	= 113
b) Durch Flugruss	Kilogramm Kohlenstoff	× Calor. Werth	= Calorien
	0·007	× 8080	= 57
c) Durch den Kohlenabgang in den Aschenfall			
	0·057	× 8080	= 461

III. Berechnung des Wärmeverlustes durch Ausstrahlung.

Die Gesamtwärme, welche zur Dampfbildung beansprucht wurde, ergibt sich aus der Regnault'schen Formel

$$W_t = 606·5 + 0·305 t$$

Kilogramm Dampf pro 1 kg Kohle Speisewasser-Temperatur

mit 6·3 × (606·5 + 0·305 t — 56) = 3660 Calorien.

Calor. Werth der Kohle	Nutzbar gemachte Wärme	Gesamt-verlust Calorien
------------------------	------------------------	-------------------------

Alle Verluste zusammen betragen

daher..... 6668 — 3660 = 3008

Daraus ergibt sich der Verlust durch Ausstrahlung mit
3008 — (2089 + 113 + 57 + 461) = 288 Calorien.

Wärmevertheilung.

1. Zur Dampfbildung nutzbar gemacht	$\frac{3660 \times 100}{6668} = 54·89\%$	
2. Schornsteinverlust	$\frac{2089 \times 100}{6668} = 31·33\%$	
3. Verlust durch unvollständige Verbrennung, und zwar:		
a) Entweichen von brennbaren Gasen	$\frac{113 \times 100}{6668} = 1·69\%$	
b) Flugruss	$\frac{57 \times 100}{6668} = 0·85\%$	
c) Kohlenabgang in den Aschenfall	$\frac{461 \times 100}{6668} = 6·91\%$	
4. Strahlungsverlust	$\frac{288 \times 100}{6668} = 4·33\%$	
		Summa.. 100·00

Gesamt-verlust 45·11%

Die Gasanalyse.

Zusammensetzung des Essengases. Wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, bestehen die durch den Schornstein entweichenden Gase der Hauptsache nach aus Stickstoff nebst grösseren oder geringeren Mengen von Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserdampf und Spuren von schwefeliger Säure.

Ist die Verbrennung eine unvollständige, so tritt regelmässig Kohlenoxyd auf; nicht selten findet sich in diesem Falle auch geringe Mengen von Methan (CH_4) und freiem Wasserstoff im Essengas.

Direct bestimmt werden Sauerstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd (bei ausführlicher Analyse auch Methan und freier Wasserstoff). Die Menge des Stickstoffes wird aus der Differenz auf 100 berechnet. Der Wasserdampf des Gasgemisches lässt sich aus der chemischen Zusammensetzung der verwendeten Kohle, sowie aus der Menge und dem Feuchtigkeitsgehalte der zur Feuerung strömenden atmosphärischen Luft berechnen.

Die schwefelige Säure kann ohne merklichen Fehler vernachlässigt werden; jedoch liesse sich deren Menge auch aus dem Gehalte der Kohle an verbrennlichem Schwefel berechnen.

Sauerstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd werden durch Absorption, Methan und Wasserstoff hingegen durch Verbrennung bestimmt.

Einrichtung des gasanalytischen Apparates.

Der hiezu dienliche Apparat ist auf Tafel 18 in Fig. 1—3 in einem Sechstel der natürlichen Grösse dargestellt. Die wesentlichsten Bestandtheile desselben sind:

1. Die drei Absorptionsgefässe A, B und C;
2. das Verbindungsrohr D;
3. die Blechflasche E mit der Bürette F;
4. das Thermometer G;
5. das Manometer H;
6. der Verbrennungs-Apparat J.

Die Absorptionsgefässe sind aus Glas gefertigt und bestehen aus zwei in einander geschmolzenen cylindrischen Theilen a und b. Der innere Cylinder a ist behufs Vergrösserung der Absorptions-Oberfläche mit Glasröhren gefüllt. Unten ist derselbe offen und läuft oben in ein Steigrohr aus. Letzteres trägt eine Marke m, auf welche die Flüssigkeit vor und nach der Absorption eingestellt wird. Der äussere Cylinder b communicirt durch das Rohr c mit dem Druckballen K. Das seitlich aufsteigende Rohr d dient zum Füllen und Entleeren der Absorptionsflüssigkeit.

Die Füllung der drei Absorptionsgefässe ist folgende: In A Kalilauge für die Absorption der Kohlensäure, in B alkalische Lösung von Pyrogallussäure für die Absorption des Sauerstoffes und in C chlorwasserstoffsäure Lösung von Kupferchlorür für die Absorption des Kohlenoxydes.

Die Gefässe werden so weit gefüllt, dass beim Einstellen der Flüssigkeit auf die Marke m das untere offene Ende von a noch durch die Flüssigkeit abgeschlossen ist. In C ist eine Kupferdrahtspirale vorhanden, um die saure Kupferchlorür-Lösung mit Kupfer immer gesättigt zu erhalten.

Das Verbindungsrohr *D* ist aus Zinn hergestellt. Am vorderen Ende desselben ist der im rechten Winkel gebohrte Saughahn *e* angebracht. Der zweite Hahn *f* stellt die Verbindung mit dem Verbrennungs-Apparate her. Drei Ansätze führen zu den Absorptionsgefässen und ein vierter zum Manometer. Das rückwärtige Ende von *D* trägt einen Conus, welcher in den Hals der Blechflasche *E* dicht eingeschliffen und mittelst einer Holländerverschraubung festgehalten ist. Das untere aus dem Conus hervorragende Ende von *D* ist dutenförmig und mit einer Schlitzöffnung versehen. An dieser Dute ist die Gassammelblase *g* befestigt.

Die Blechflasche *E* ist mit einem Auslaufrohr *h* versehen, welches mit dem unteren Ende der Bürette *F* verbunden ist. Oben steht die Bürette durch den Aufsatz *i* mit dem Druckballen *L* in Verbindung. Dieser Aufsatz ist mittelst einer Flügelmutter und eines Steckstiftes am Obertheil des Kastens befestigt und wird nach Schluss der Arbeit abgenommen und im Apparatkasten untergebracht. Die Blechflasche ist mit Wasser vollkommen gefüllt. Die Füllung ist so bemessen, dass beim Zusammendrücken des Ballens *L* das Wasser in der Bürette genau bis zur Marke *n* sinkt und dort unverändert seinen Stand behält, so lange der Druck anhält. Lässt man den Ballen *L* frei, so tritt Gas durch den Hahn *e* ein, strömt durch das Verbindungsrohr *D* und füllt die Blase *g*. Das Wasser, welches dadurch aus der Flasche *E* verdrängt wird, steigt in der Bürette auf. Ist dasselbe beim Nullpunkt angelangt, so schliesst man den Schraubenquetscher *5* und alsdann den Hahn *e*. Die Eintheilung der Bürette ist so gewählt, dass jeder ganze Grad genau einem Volumprocent des eingesaugten Gases (Füllung der Blase *g* plus Inhalt des Verbindungsrohres bis zum Hahnschluss *e*) entspricht. Die Eintheilung an der Bürette reicht von Null bis 35 oder 40 %, was für alle Fälle, wo mit Luft verbrannt wird, vollständig ausreicht. Selbst im Generatorgas sind nicht mehr als etwa 35 bis 38 % absorbirbare Gase (Kohlenoxyd, Kohlensäure und Sauerstoff) enthalten. Jeder Grad ist in zwei Unterabtheilungen getheilt, so dass noch Viertel-Volumprocente genügend genau abzulesen sind.

Da bei grösseren Temperatur-Differenzen das Volumen des in der Flasche *E* befindlichen Wassers sich ändert, so gelingt es nicht mehr, dasselbe genau auf die Marke *n* einzustellen. Um das Volumen corrigiren zu können, ist eine mit Wasser gefüllte Blase *k* vorhanden, mittelst welcher durch Oeffnen des Hahnes *l* nach Bedarf Wasser in die Flasche nachgefüllt, oder aus derselben ausgelassen werden kann.

Das Thermometer *G* ist im Winkel gebogen und so angebracht, dass sich das Quecksilbergfäss in der Flasche *E* befindet, während die Scala aussen neben der Bürette steht. Die Scala hat eine doppelte Eintheilung. Auf der einen Seite sind Grade Celsius und auf der anderen Volumtheile trockenes Gas in 100 Volumtheilen des untersuchten Gasgemisches angegeben. Der Feuchtigkeitsgehalt des Gasgemisches ist aus der Formel

$$W = \frac{e}{0.01 b}$$

berechnet, worin *W* die Volumprocente Wasserdampf, *e* den Dunstdruck in Millimetern und *b* den Barometerstand be-

deutet (welcher in diesem Falle als constant mit 760 mm angenommen ist). Volumtheile trockenes Gas sind daher gleich

$$100 - W.$$

Das Manometer *H* ist bis zur Marke *o* mit Quecksilber gefüllt und hat den Zweck, das Gas vor und nach der Absorption (resp. Verbrennung) auf gleichen Druck einstellen zu können. Der eine Schenkel ist mit dem Zinnrohr *D* verbunden, während der andere oben offen ist. Der Schraubenquetscher *4* schliesst beide Schenkel ab, damit bei dem Transport des Apparates das Quecksilber nicht verschüttet werden kann.

Der Verbrennungsapparat *J* besteht aus dem mit Kupferoxyd gefüllten Platinrohr *p*, aus den doppelten Blechschirmen *q*, um die übrigen Apparat-Theile gegen die strahlende Wärme zu schützen, aus dem Spiritusgasbrenner *r*, aus einer Spirituslampe *s*, einem Kühler *t* und dem Gefäss *u*. Letzteres ist ganz mit Wasser gefüllt und enthält die Gassammelblase *v*. Desgleichen ist auch der Druckballen *M* mit Wasser gefüllt und durch den Hahn *w* mit dem Gefäss *u* verbunden. Die Erweiterung *x* in dem Zuleitungsrohre ist mit Glaswolle gefüllt, um das Gas vor dem Eintritte in das Verbindungsrohr von den etwa zufällig mitgeführten festen Theilen zu befreien. *y* ist eine Blechrinne, welche beim Abkühlen in dem Schirme *q* derart befestigt wird, dass das Verbrennungsrohr ganz in dieselbe eintaucht und unter Wasser gesetzt werden kann. *Z* ist ein Wasser-Reservoir, welches den Kühler *t* und die Rinne *y* mit Wasser versorgt.

Ausführung der Gasanalyse.

Aufsammeln der Gase. Die Ansaugung des Gases geschieht gleichzeitig mit der Temperaturmessung. Vor dem Festsetzen und Eindichten des Wasserstoff-Quecksilber-Thermometers wird jene Stelle im Querschnitte des Feuerzuges oder Rauchcanales aufgesucht, wo die höchste Temperatur und folglich auch die stärkste Gasströmung herrscht. Die Mündung des Saugrohres wird auf gleiche Höhe mit dem Quecksilbergfäss des Thermometers gebracht und sodann die Dichtung im Mauerwerk vorgenommen. Zur Aufsammlung der Gase dient ein Aspirator von 20–30 l Fassungsraum. Die Verbindung mit dem Saugrohre wird durch einen beliebig langen Kautschukschlauch hergestellt. Der Aspirator ist mit Wasser gefüllt, auf welchem sich eine Oelschicht von 1–2 cm Höhe befindet.

Um die in der Leitung vorhandene Luft zu verdrängen, lässt man vorerst 10–20 l Gas ansaugen und sodann frei in die Luft ausblasen. Erst nachdem dieses geschehen ist, wird mit der Aufsammlung des Gases für die Analyse begonnen. Da die Zusammensetzung des Gasgemisches in den verschiedenen Stadien der Verbrennung (namentlich bei periodischer Beschickung des Rostes) ausserordentlich variirt, so ist es nothwendig, das Ansaugen so langsam vorzunehmen, dass die aufgesammelte Probe von etwa 20–25 l annähernd der mittleren Zusammensetzung des Gases während einer längeren Zeitdauer (etwa einer Stunde) entspricht. Eine vollkommen genaue Durchschnittsprobe lässt sich mit den bisher bekannten Mitteln überhaupt nicht entnehmen, weil die Gasmengen, welche die Feuerzüge passiren, jeden Moment

wechseln, der Aspirator aber gleichmässig saugt. Durch die Entnahme sehr vieler Momentanproben wird der Fehler nicht geringer, die Arbeit aber bedeutend complicirter und schwieriger.

Arbeit mit dem Apparat. Um den Apparat für die Arbeit vorzurichten, wird der Schieber, welcher den Apparatkasten an der Vorderseite abschliesst, herausgezogen und in eine Falzführung hinter der Kastenrückwand eingesetzt. Beim Hinabdrücken des Schiebers öffnen sich gleichzeitig die drei Federquetscher α , β und γ und wird dadurch die Verbindung der Absorptionsgefässe mit dem Druckballen K hergestellt. Der Blechschieber über dem Verbrennungsapparat wird herausgezogen. Der Raum vom Hahnschlusse f bis zur Schlitzöffnung bei der Blase v muss mit Luft von dem Drucke der äusseren Atmosphäre gefüllt sein. Die Absorptions-Flüssigkeiten in den Gefässen A , B und C müssen auf die Marken eingestellt sein. Der Aufsatz i wird am Apparatkasten befestigt und mit der Bürette verbunden.

Um einen Theil des aufgesammelten Gases in den Apparat einzusaugen, wird der Hahn e durch einen Kautschukschlauch mit dem Gasraum des Aspirators verbunden. Das Ausblasen des Gases aus dem Aspirator geschieht durch Wasserdruck aus einer höher gestellten und mit Wasser gefüllten Flasche. Der Hahn e wird in die Stellung I gebracht und durch Drücken an dem Ballen L die in der Blase g befindliche Luft (resp. der Stickstoff von der letzten Analyse) ausgeblasen, wobei das Wasser in der Bürette bis zur Marke n sinkt und dort unverändert stehen bleibt, so lange der Druck an dem Ballen andauert. Sodann bringt man den Hahn e in die Stellung II und lässt den Ballen frei, wodurch sich die Blase g mit Gas füllt und das Wasser in der Bürette bis über den Nullpunkt steigt. Dieses Spiel (Einsaugen und Hinausdrücken des Gases) wird so oft wiederholt, bis man sicher sein kann, dass alle Luft aus dem Apparat (Verbindungsrohr D und Blase g) verdrängt und durch Gas aus dem Aspirator ersetzt ist. Bei dem letzten Einsaugen stellt man das Wasser in der Bürette genau auf den Nullpunkt ein, bringt gleichzeitig durch Drücken an L die beiden Quecksilberkuppen im Manometer in's Niveau und verschliesst alsdann den Hahn e . (Stellung III.)

Behufs Absorption der Kohlensäure wird der Schraubenquetscher 1 geöffnet und durch abwechselndes Drücken an den beiden Ballen K und L das Gas aus der Blase g in das Absorptionsgefäss A und wieder zurückgeleitet. Dieses Hin- und Herleiten des Gases wird 10–15mal wiederholt, hierauf durch Drücken an K die Flüssigkeit in A auf die Marke eingestellt und der Quetscher 1 verschlossen. Um das in der Blase g befindliche Gas unter den Druck der äusseren Atmosphäre zu setzen, bringt man durch Drücken an L die beiden Quecksilberkuppen im Manometer in's Niveau, verschliesst den Quetscher 5 und liest den Wasserstand an der Bürette ab. Die Manipulation mit dem Gefäss A wird nochmals wiederholt und eine zweite Ablesung an der Bürette vorgenommen. Stimmen die beiden Ablesungen überein, so war die Absorption eine vollständige. Im anderen Falle müsste diese Manipulation noch einmal wiederholt werden. In gleicher Weise wird in derselben Gasprobe

der Sauerstoff durch Absorption im Gefäss B und das Kohlenoxyd in C bestimmt.

Der nach der Absorption der Kohlensäure, des Sauerstoffes und des Kohlenoxydes verbleibende Rest des Gasgemisches wird auf brennbare Bestandtheile untersucht. Zu diesem Ende erhitzt man das mit Kupferoxyd gefüllte Platinrohr p zum hellen Rothglühen, lässt durch den Hahn e so viel Luft in die Blase g eintreten, dass das Wasser in der Bürette bis etwas unter dem Nullpunkte steigt, verschliesst e wieder und liest das eingesaugte Luftvolumen ab. Hierauf öffnet man die beiden Hähne f und w , leitet das Gasgemisch durch abwechselndes Drücken an den beiden Ballen L und M mehrmals durch das Verbrennungsrohr und wieder zurück. Gleichzeitig wird auch das Wassergefäss Z auf den Apparatkasten gesetzt, die Schlauchverbindung mit dem Kühler t hergestellt und kaltes Wasser durch denselben geleitet. Hat das Gas die Verbrennungsröhre fünf- oder sechsmal passirt, so kann man sicher sein, dass alle brennbaren Antheile vollständig verbrannt sind. Nun wird die Heizung unterbrochen, das Wasser in die Bürette beiläufig bis zur Marke n gedrückt, der Quetscher 5 verschlossen, 1 dafür geöffnet und durch abwechselndes Drücken an dem Wasserballen M und Gefässballen K das Gas wiederholt mit der Kalilauge in Berührung gebracht. Schliesslich drückt man den Wasserballen so weit als möglich zusammen, schliesst unter Druck den Hahn w und lässt sodann den Ballen frei.

Während dieser Zeit kühlt das Verbrennungsrohr genügend ab, um jetzt die Wasserkühlung vornehmen zu können. Zu diesem Ende hängt man die Kühlrinne y unter das Verbrennungsrohr ein, bringt das vom Kühler abgehende Schlauchende δ mit dem Zulauf und das Ende ϵ mit dem Ablauf in Verbindung. Um das Verbrennungsrohr ganz unter Wasser zu setzen, drückt man den Ablaufschlauch zwischen den Fingern zusammen; hat sich die Rinne gefüllt, so lässt man den Schlauch wieder frei. Nach drei- oder viermaliger Füllung der Rinne ist die Verbrennungsröhre sammt Inhalt vollständig abgekühlt. Nun wird der Quetscher 5 geöffnet (wodurch das Wasser in der Bürette steigt), das Gas noch zwei- oder dreimal in das Absorptionsgefäss A gedrückt, alsdann die Kalilauge auf die Marke eingestellt, der Quetscher 1 verschlossen und der Wasserstand an der Bürette in der bereits bekannten Weise abgelesen. Ergibt sich hiebei keine Differenz mit der letzten Ablesung (nach dem Einsaugen der Luft), so ist kein brennbares Gas in dem untersuchten Gemische zugegen. Ist jedoch eine Differenz vorhanden, so entspricht dieselbe dem Gesamtvolumen des verbrannten Gases minus des zur Verbrennung verbrauchten Sauerstoffvolumens. Um dieses letztere in Erfahrung zu bringen, wird der noch vorhandene Sauerstoffrest durch Absorption im Gefäss B bestimmt.

Aus den Ablesungen vor und nach der Verbrennung und Absorption der Kohlensäure, sowie aus den verbrauchten Sauerstoffvolumen lässt sich der Gehalt des Gasgemisches an Methan und Wasserstoff berechnen wie folgt:

1 Vol. Methan beansprucht zur Verbrennung 2 Vol. Sauerstoff, 1 Vol. Wasserstoff beansprucht zur Verbrennung $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff.

Bezeichnet man das Volumen von Methan... mit x ,
und das Volumen des freien Wasserstoffes..... „ y ,
ferner das Gesamtvolumen dieser beiden Gase .. „ P
und das zur Verbrennung erforderliche Sauerstoff-
Volumen..... „ P'

so ist $P = x + y$ und $P' = 2x + \frac{y}{2}$ und daraus

$$x = \frac{2P' - P}{3} \text{ und } y = \frac{4P - 2P'}{3}$$

Rechnungs-Beispiele.

Ablesungen am Corrections-Thermometer $V = 98.0$. *)

Ablesungen an der Burette:	Vol. % in trockenem Gas:
Nach Abs. d. Kohlensäure = 9.60	Kohlensäure = $\frac{9.6 \times 100}{V} = 9.80$
„ „ d. Sauerst. = 17.20	Sauerstoff = $\frac{(17.2 - 9.6) \times 100}{V} = 7.76$ entspr. $\frac{7.76 \times 100}{21} = 36.95$ atm. Luft
„ „ „ Kohlenox. = 18.70	Kohlenox. = $\frac{(18.7 - 17.2) \times 100}{V} = 1.53$
Nach dem Einsaugen der Luft	= 2.50
Nach der Verbrennung und Absorption der Kohlensäure ...	= 4.33
Nach der Absorption des Sauerstoffes **)	= 8.29

Der Luftfassungsraum des Verbrennungs-Apparates (vom Hahnschlusse f bis zur Schlitzöffnung bei der Blase v) wurde z. B. mit 7.08 Volumtheilen ermittelt. Auf trockene Luft

$$\text{bezogen } \frac{7.08 V}{100} = \dots\dots\dots 6.94 \text{ Volumtheile}$$

Nach der Absorption des Kohlenoxydes wurden in die Blase g eingesaugt $18.7 - 2.5 = 16.2$ Volumtheile.
Auf trockene Luft bezogen $\frac{16.2 V}{100} = \dots\dots\dots 15.88$ „

Daher in Summa trockene Luft im Apparat

Darin sind $\frac{22.82 \times 21}{100} = 4.79$ Volumtheile Sauerstoff enthalten.

Nach der Verbrennung war noch $8.29 - 4.33 = 3.96$ Sauerstoff vorhanden, folglich wurden $4.79 - 3.96 = 0.83$ Volumtheile Sauerstoff zur Verbrennung verbraucht. ($P = 0.83$).

Das Gesamtvolumen der verbrannten Gase ist $4.33 - (2.5 + 0.83) = 1.00$

($P = 1.00$), daher:

$$x = \frac{2 \times 0.83 - 1.00}{3} = 0.22 \text{ und } y = \frac{4 \times 1.00 - 2 \times 0.83}{3} = 0.78$$

Auf Vol. % des trockenen Gases bezogen:

$$\text{Methan} = \frac{0.22 \times 100}{V} = 0.22$$

$$\text{Wasserstoff} = \frac{0.78 \times 100}{V} = 0.8$$

*) D. h. in 100 Volumtheilen des untersuchten Gasgemisches sind 98 Volumtheile trockenes Gas und 2 Volumtheile Wasserdampf enthalten.

**) Aendert sich die Temperatur während der Beobachtung, so müssen alle Ablesungen corrigirt werden, wozu eine eigene Corrections-tabelle dem Apparate beigegeben ist.

Die volumprocentische Zusammensetzung des trockenen Gases ergibt sich demnach wie folgt:

Freier Wasserstoff	0.80
Methan (CH_4)	0.22
Kohlenoxyd	1.53
Kohlensäure	9.80
Atm. Luft	36.95
Stickstoff (aus der Differenz) ..	50.70
Summa	100.00

Das eingesaugte Luftvolumen reicht bei Schornstein-gasen immer vollkommen aus. Bei anderen Gasgemischen, welche grössere Mengen brennbarer Bestandtheile enthalten, wird aber auch ein Theil des im Verbrennungsrohr vorhandenen Kupferoxydes reducirt. Um in diesem Falle die zur Verbrennung verbrauchte Sauerstoffmenge zu eruiren, wird nach der Verbrennung und Absorption der Kohlensäure das restirende Gas aus dem Apparat ausgeblasen und Luft dafür eingesaugt. Das Platinrohr p wird neuerlich zum Glühen erhitzt, durch mehrmaliges Durchleiten der Luft der reducirt Antheil des Kupferoxydes wieder oxydirt und aus der dabei stattfindenden Volumabnahme der Verbrauch an Sauerstoff berechnet. In solchen Fällen ist es bequemer, das Volumen der Methans und des Wasserstoffes (anstatt aus dem Verbrauch an Sauerstoff) aus der bei der Verbrennung stattfindenden Contraction und aus der Menge der gebildeten Kohlensäure zu berechnen. Der Verbrennungs-apparat kann alsdann mit dem von der letzten Analyse herrührenden Stickstoff gefüllt bleiben, nur muss man sich nach der Absorption des Kohlenoxydgases durch Oeffnen des Hahnes f überzeugen, ob die Stickstoff-Füllung unter dem normalen Druck steht. Eine etwaige Volumdifferenz muss abgelesen und später mit in Rechnung gezogen werden.

Als Rechnungs-Beispiel diene ein Generatorgas.

Ablesungen an der Burette:	Vol. % des trockenen Gases: ($V = 97.0$)
Nach Abs. der Kohlensäure 3.0	Kohlensäure $\frac{3.0 \times 100}{97} = 3.10$
„ „ des Sauerstoff. 3.4	Sauerstoff $\frac{(3.4 - 3.0) \times 100}{97} = 0.41$
„ „ „ Kohlenoxyd. 28.8	Kohlenoxyd $\frac{(28.8 - 3.4) \times 100}{97} = 26.19$
Nach Oeffnen des Hahnes f	28.6
Nach Einsaugen der Luft	0.9
Nach der Verbrennung	13.0
Nach Absorption der Kohlensäure	15.2
„ „ der restirenden Sauerstoffes *)	15.2

Volumen der eingesaugten Luft $28.6 - 0.9 = 27.7$;

$$\text{trockene Luft } \frac{27.7 \times 97}{100} = 26.87, \text{ darin } \frac{26.87 \times 21}{100} = 5.64$$

Sauerstoff.

Entstandene Kohlensäure

Gesamtvolumen der verbrannten

$$\text{Gase} \dots\dots\dots 15.2 - (0.9 + 5.64) = 8.66$$

*) Dieser Absorptions-Versuch dient nur zur Ueberzeugung, ob aller Sauerstoff aus der im Apparat enthaltenen Luft auch wirklich verbraucht wurde.

1 Vol. Methan entspricht 1 Vol. der bei der Verbrennung entstandenen Kohlensäure, daher:

2.20 Vol. Methan
6.46 „ Wasserstoff
8.66 Vol. in Summa.

Berechnet auf Vol. % des trock. Gases:

$$\frac{2.2 \times 100}{97} = 2.27 \text{ Methan}$$

$$\frac{6.46 \times 100}{97} = 6.66 \text{ Wasserstoff.}$$

Das untersuchte Generatorgas hat daher folgende volumprocentische Zusammensetzung:

Freier Wasserstoff.....	6.66
Methan	2.27
Kohlenoxyd.....	26.19
Kohlensäure	3.10
Sauerstoff	0.41
Stickstoff.....	61.37

Motive für die nothwendige Umgestaltung der gegenwärtig zur wissenschaftlichen Erklärung der Naturerscheinungen dienenden Grundlagen. *)

Von Josef Schlesinger, o. ö. Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

(Nach dem am 1. März 1884 in der Wochen-Versammlung gehaltenen Vortrage.)

(Schluss zu Heft III.)

IV.

Erklärung der Gravitations-Erscheinungen.

Eine der unerklärbarsten Naturerscheinungen ist jene, welche seit Newton allgemeine Massenanziehung oder allgemeine Gravitation der Massen genannt wird. — Die Erfahrungen der Astronomie lehren deutlich eine scheinbar anziehende Wirkung der dem Sonnensystem angehörigen Weltkörper aufeinander, allein es ist nicht zu constatiren möglich, ob die wie Anziehung der Massen aussehende Erscheinung auch zwischen den entferntesten Massen der Welt besteht. Man ist deshalb zu der Behauptung nicht berechtigt, die sogenannte Massenanziehung reiche in's Endlose.

Dass es unvermittelte Anziehung der Massen sei, welche die Annäherung der Massen an einander aus verschiedenen Entfernungen bewirkt, wird mit gutem Grunde bezweifelt, weil ein Uebertragen von immaterieller Kraft oder Arbeit von einem Körper zum andern durch einen leeren Raum hindurch uns Menschen ganz und gar unverständlich bleibt. Auch der Versuch, das scheinbare Anziehungs-Phänomen auf einen vom Weltäther ausgehenden Druck zurückzuführen, gelingt nicht; somit bleibt das Räthsel der Gravitation bis zur Stunde noch völlig ungelöst.

Die Betrachtung der Natur, unter der Voraussetzung eines substantiellen Raumes und einer substantiellen Form der Kraft, führt aber zu einem physikalischen Vorgange, durch welchen alle sogenannten Attractions-, einschliesslich der Expansions-Erscheinungen entstehen.

Ich habe schon bei Gelegenheit der Erklärung der Wärme, des Lichtes und der Entstehung der Materie hervorgehoben, dass sich Kraftmoleküle von der Form $\alpha\alpha\alpha\omega$ zu zusammengesetzteren Formen durch ein Nebeneinander wieder zur Form $\alpha'\alpha'\alpha'\omega'$ vereinigen. Man kann sich aber denken, dass in der Natur auch andere und sehr verschiedene Arten der Vereinigung von Kraftmolekülen bestehen, dass an die Aussenfläche der polyederähnlichen Aetome sich Kraftmoleküle nach einem bestimmten Gesetze durch Anziehung lagern und eine Kraftsubstanz-Hülle, eine Kraftsphäre bilden, welche bis zu einer gewissen Weite reicht und zum Begriff des Aetomes mit hinzugehört.

Man kann sich weiter vorstellen, dass bei einer Vereinigung von zwei oder mehr Aetomen zu einem Atom, die an die Aetome von Aussen angelagerten Kraftmoleküle ihre Lage ändern, dass neben den abgeänderten Einzel-Kraftsphären sich eine gemeinsame Kraftsphäre der vereinigten Aetome, also eine Kraftsphäre eines Atomes bildet, welche weiter über das Atom hinausreicht, als die Kraftsphären der Aetome über die Aetome. Man kann sich vorstellen, dass bei der Bildung der gemeinsamen Kraftsphäre auch noch Kraftmoleküle aus den Einzelsphären ausscheiden und dass gerade sie zu den Phänomenen der Gravitation Veranlassung geben. Man kann sich denken, dass die aus Aetomen gewordenen Atome zu materiellen Molekülen sich verbinden und dass neben den sich abändernden Einzelsphären der Atome eine das materielle Molekül umschliessende Kraftsphäre entsteht, dass ein und dasselbe Gesetz der Bildung einer gemeinsamen Kraftsphäre für alle zu einer Einheit sich gruppirenden Einzelmassen gelte, und dass nach einem und demselben Gesetze auch bei dem Werden einer gemeinsamen Kraftsphäre sich Kraftmoleküle ausscheiden. Und natürlich ist es nur dann, wenn bei dem umgekehrten Gange, bei der Trennung gruppirter Massen in Einzelmassen, auch die Erscheinungen in entgegengesetzter Weise verlaufen; dass Kraftmoleküle, welche bei der Zusammensetzung frei werden, bei dem Trennen der Massen hinzugeführt werden müssen, dass die gemeinsame Kraftsphäre zerstört wird und die den Massentheilen angehörenden Theilsphären sich zur Selbstständigkeit umgestalten. Man kann sich denken, dass die bestehenden Körpermassen nach einem bestimmten Gesetze ihre Kraftsphären gebildet haben, deren Weite über die materiellen Massen hinaus eine Function der Massen und ihrer Anordnung ist, und dass sie bei unvorstellbar grossen Massen auch in unvorstellbare Weiten über dieselben hinausreicht.

Wenn dann Körpermassen in einer Weite von einander sich befinden, welche grösser als die Summe der radialen Weiten der Kraftsphären ist, dann werden die Massen aufeinander nicht wirken. Kommen bei grösserer Annäherung bloss die Kraftsphären zur Durchdringung, so ist schon eine Wirkung der Kraftmoleküle der Kraftsphären aufeinander möglich und dringt endlich die Masse eines Körpers ganz in die Kraftsphäre eines anderen ein, oder gelangen Körper-

*) Siehe Anmerkung in Heft III.

massen gegenseitig in ihre Kraftsphären, so wird die Wirkung der Kraftmoleculé der Massen und der Kraftsphären aufeinander um so intensiver werden.

Es müssen ferner bei der Annäherung der Massen, wenn deren Sphären sich durchdringen, Erscheinungen entstehen, die offenbar jenen entgegengesetzt sind, wenn die Massen sich von einander entfernen.

Und diese Erscheinungen nehmen wir, wie die That-sachen lehren, wahr.

Ein irdischer, von der Oberfläche der Erde entfernter Körper, für welchen wir zunächst nur ein materielles Atom uns denken wollen, fällt zur Erde, wenn kein Hinderniss entgegenwirkt, und zwar immer schneller und schneller in gerader Richtung, so weit die Erfahrung lehrt. Wie kann diese Bewegung zu Stande kommen? Man darf sich nur denken, dass die Kraftsphäre der Erde die Masse des materiellen Punktes durchdringt und durch die Wirkung der Atommasse auf die Kraftmoleculé der Kraftsphäre der Erde sich Kraftmoleculé der Sphäre mit dem Atom, oder vielmehr mit den Aetomen des Atoms verbinden und so lange das materielle Atom seinen Ort nicht verlässt, bleibt auch der Ort der aus der Kraftsphäre der Erde sich ausscheidenden Kraftmoleculé unverändert. Denkt man sich, dass die Kraftmoleculé der Kraftsphäre der Erde nach geraden zur Erde gerichteten Linien und zwar mit dem positiven Element a nach der Erde hin gewendet liegen und treten eine gewisse Anzahl solcher Kraftmoleculé, ohne ihre Achsenrichtung zu ändern, mit den Aetomen des Atoms in Verbindung, so sind diese Kraftmoleculé frei und wollen sich in der Richtung ihrer Achsen im Raume fortziehen. Diese Kraftmoleculé streben also eine Fortbewegung an, und ist das Atom verhindert, dem Zuge zu folgen, so entsteht ein Druck auf den die Bewegung verhindernden Widerstand und dieser Druck ist das Gewicht des Atoms.

Wir haben uns daher die Erde als eine mächtige Masse zu denken, um welche herum die Kraftsphäre in zur Erde convergenten Kraftstrahlen im Allgemeinen so angeordnet ist, dass die sämtlichen Kraftmoleculé mit ihren positiven Elementen der Erde zugewendet liegen und mit ihren Achsen in die Richtung des betreffenden Kraftstrahles fallen. Die Kraftstrahlen müssen wegen ihrer Convergenz zur Erde sich durchdringen; folglich wird die innere Dichte der Kraftstrahlen um so grösser, je näher die Strahlenpartie an der Erde liegt. Befindet sich nun eine Körpermasse m in der Kraftstrahlen-Sphäre der Erde, so werden umsomehr Kraftmoleculé der Sphäre in m sich befinden; es wird also die gegenseitige Einwirkung eine intensivere und es werden mehr Kraftmoleculé sich mit m verbinden; folglich wird der durch die in m eingetretenen Kraftmoleculé entstehende Zug, welcher gegen die Erde gerichtet ist, um so kräftiger sein, eine je grössere innere Dichte an dem von m eingenommenen Orte die Kraftstrahlen besitzen. Die Erfahrung bestätigt auch, dass die Körpermassen um so grössere Gewichte zeigen, je näher sie der Erde sind.

Kann der Körper m dem Zuge der von der Kraftsphäre in m eingetretenen Kraftmoleculé folgen, so beginnt er zu fallen. Bei dem Fallen nähert sich der Körper der Erde; er gelangt an Orte, in welchen die innere Dichte der Kraftstrahlen grösser wird. Von Neuem tritt die gegenseitige Einwirkung von m und der Kraftstrahlen-Sphäre der Erde ein, neue Kraftmoleculé treten in m zu den vorhandenen hinzu und bewirken somit eine Zunahme an Geschwindigkeit des fallenden Körpers m .

Berücksichtigt man, dass alle Kraftmoleculé unaufhörlich und constant wirken, dass sie daher in gleichen Zeiten gleiche Wirkungen vollbringen, so ist leicht zu erkennen, dass die Bewegung der Körper im freien Falle eine gleichförmig beschleunigte sein muss, insolange die innere Dichtigkeit der Kraftstrahlen sich nicht merklich verändert.

Wir vermögen nun klar zu erkennen, wie das Gewicht der Körper und wie das Gesetz des freien Fallens zu Stande kommt; wir finden, dass es nicht ziehende Strahlen sind, welchen die fallenden Körper folgen, sondern dass aus den Kraftstrahlen der Erde Kraftmoleculé frei werden, welche dann vermöge ihrer gegen die Erde gerichteten Fortziehungskraft in der feststehenden Raumschubstanz den Körper zur Erde bewegen.

Ist ein Körper im Fallen begriffen, und hindert man ihn mehr oder weniger an der Fortbewegung, so gehen die im Körper angesammelten Kraftmoleculé in entsprechender Menge auf die Hindernisse über und wir sagen, der fallende Körper verrichtet mechanische Arbeit.

Das Fallen eines Körpers m zur Erde ist ein Act der Massen-Zusammensetzung, folglich wird, wie schon erwähnt, bei diesem Acte Kraftsubstanz frei.

Betrachtet man die Acte der chemischen Verbindungen, so sieht man auch bei diesen Kraftsubstanz frei werden und zwar in Form von Wärme. Die Bewegung der Massentheilechen gegen einander ist bei chemischen Zusammensetzungen eine zum gewöhnlichen Fallen verhältnissmässig nur geringe; immerhin ist sie aber eine Fallbewegung und nach dem Gesetze des freien Fallens der Körper zur Erde zu beurtheilen. Gewisse Processe auf der Sonne sind demnach Fallbewegungen der Theile gegen einander, physikalische oder chemische Processe, und die frei gewordene Kraftsubstanz zieht sich dann als Wärme oder Licht oder in anderen Formen hinaus in den endlosen Raum.

Wird auf der Erde eine Masse m aufwärts geworfen, so ist dies ein Act der Massenzerlegung, welcher zur Anbahnung des Werdens getrennter Kraftsphären Kraftmoleculé erheischt. Durch den Wurf theilt der Werfende dem Körper m Kraftmoleculé mit. Das Gesetz der Kraftsphärenbildung erfordert für die selbstständig werden wollenden Kraftstrahlen-Sphären Kraftmoleculé und indem der aufsteigende Körper an die Kraftstrahlen der Erde und vielleicht auch an seine eigenen Kraftstrahlen Kraftmoleculé abgibt, werden die von dem Werfenden an den Körper m übertragenen Kraftmoleculé von den Kraftstrahlen gebunden und scheinen uns ver-

schwunden zu sein. In Folge dieses Kraftverlustes wird der Körper immer schwächer und schwächer nach aufwärts gezogen, bis endlich alle Wurfkraft in die Kraftstrahlen übergegangen und scheinbar verloren gegangen ist.

Auch wenn ein Körper nicht frei geworfen, sondern in die Höhe getragen wird, erheischt das Gesetz der Kraftsphärenbildung die Abgabe von Kraftsubstanz und wir sagen, durch das Heben von Gewichten wird mechanische Arbeit verzehrt.

Und was ist dabei geschehen? In unserem Körper sind chemische Verbindungen vor sich gegangen, durch welche Wärme entwickelt wird. Diese Wärme haben wir vermittelst jener Kraftmoleküle, welche in unserem Gehirn zur Eigenschaft des Willens ausgebildet sind, durch die Organe des Körpers dorthin geleitet, wo Widerstände zu überwinden sind. Ein Theil der Wärmemoleküle richtet sich, durch die Willensthätigkeit veranlasst, mit den Achsen nach einerlei Richtung und erzeugt mechanische Kraftmoleküle, welche die Arbeit des Hebens leisten und in die Kraftstrahlen der Erde übergehen, während der andere Theil der Wärme in uns das Gefühl der Wärme erzeugt.

Suchen wir einen Körper zu heben, und ist er so schwer, dass wir ihn nicht heben können, so ist der Versuch des Hebens schon ein Act, welcher chemische Verbindungen bewirkt; die Willensmoleküle leiten die frei gewordenen Wärmemoleküle an die zu hebende Stelle, wo sie sich theilweise in mechanisch wirkende Moleküle umsetzen, während ein anderer Theil uns fühlbare Wärme erzeugt. Durch den Druck gehen Kraftmoleküle auf den zu hebenden Körper über und weil sie keine Bewegung zu Stande bringen, müssen sie sich in irgend einer Weise, wahrscheinlich als Wärme, im Körper fortpflanzen; darüber scheinen noch keine scharfen Versuche angestellt worden zu sein. Das fortgesetzte vergebene Heben erfordert doch stets neue Kraftmoleküle, daher neue chemische Verbindungen, wodurch sich die Ermüdung des Körpers ohne scheinbare Arbeitsleistung erklärt.

Die Trennung der Massen erfordert also die Aufnahme von Kraftmolekülen. Wird Wärme zur Massentrennung verwendet, so verbinden sich die Wärmemoleküle mit der Materie, aber mit ihren Achsen nach verschiedenen Richtungen des Raumes gewendet. Die materiellen Theilchen werden deshalb von den Wärmemolekülen nach zerstreuten Raumrichtungen gezogen und dieses Auseinanderziehen ist die Ursache der Erscheinung, dass Wärme die Körper ausdehnt. Von einer eigenen Expansivkraft, welche die materiellen Theilchen auseinanderstösst, ist also hier keine Rede. Bei allen Körpern, welche sich ausdehnen, muss ein Theil der Wärme in die Kraftstrahlen übergehen und daher als Wärme verschwinden. Man sagt dann, ein Theil der Wärme verrichtet moleculare Arbeit. Die übrig bleibende ziehende Wärme fühlen wir als solche und sie stellt sich mit dem System der sonst in einem Körper wirkenden Anziehungen in's Gleichgewicht. Jeder Verlust an Wärme stört das bestehende Gleichgewicht und die Körpertheilchen werden, so lange gewisse Grenzen nicht überschritten sind, von den zurückbleibenden Kräften in ihre frühere Lage zu-

rückgezogen; die Körper ziehen sich also durch den Verlust an Wärme im Allgemeinen zusammen.

Bei genügender Wärmezufuhr treten die Wärmemoleküle in die zwischen den Molekülen und Atomen der Massen bestehenden Lücken ein und verändern durch die zerstreut gerichtete Raumanziehung die Aggregationsform der Massen. Bei dem Uebergange in den flüssigen oder in den gasförmigen Zustand entfernen sich die materiellen Theilchen immer weiter auseinander; daher nehmen ihre Kraftstrahlen viele Moleküle der Wärme in sich auf und diese Wärme ist es, welche wir als latente Wärme bezeichnen.

In den Kraftstrahlen der Gastheilchen ist demnach sehr viel Wärme gebunden; verwandeln sich Gase in flüssige oder feste Formen, so wird die latente Wärme wieder frei. Auch wenn Gase mit anderen Stoffen zu flüssigen oder festen Körpern sich verbinden, wird latente Wärme frei, welche vorzugsweise den Kraftstrahlen der Gase entstammt.

Verbindet sich z. B. Kohlenstoff mit Sauerstoff, so ist es vorzugsweise die im Sauerstoff enthaltene latente Wärme, welche bei dem Entstehen der Kohlenstoff-Verbindung sich äussert. Daher ist es bei den brennbaren und wärmenden Körpern vorzugsweise die im Sauerstoff angesammelte latente Wärme, welche frei wird.

Licht und Wärme der Sonne dringen in unsere Pflanzen ein und dienen dazu, die von der Pflanze aufgenommene Nahrung zu verarbeiten. Chemische Verbindungen in den Pflanzen, welche Sauerstoff enthalten, nehmen Wärme auf und durch diese entstehen chemische Zerlegungen, bei welchen der in den Verbindungen an Wärme verarmte Sauerstoff, der vorzugsweise zu Kohlensäure an den Kohlenstoff gebunden erscheint, nunmehr bei seinem Freiwerden seinen Verlust an Wärme wieder ersetzt erhält. Die Sonnenwärme erscheint daher nicht in dem Holze und nicht in der Kohle, wenigstens nicht in hervorragendem Maasse aufgespeichert, sondern in dem Sauerstoff der Luft.

Holz und Kohle sind nur Körper, welche sich leicht mit dem Sauerstoffe verbinden, aber das vorzugsweise wärmende Element ist nur der Sauerstoff mit der in seiner Kraftstrahlen-Sphäre enthaltenen latenten Wärme.

Aus diesen wenigen in sehr dürftigem Umfange gegebenen Entwicklungen wird man doch schon zu erkennen vermögen, welch' eine wichtige Rolle die Sphären der Kraftstrahlen in der Natur spielen. Sofort erweitert sich aber der Kreis des mannigfaltigen Wirkens dieser Sphären ins Unabsehbare, wenn man nicht an der beschränkten Anschauung festhält, die zu Kraftstrahlen aneinander gereihten Kraftmoleküle *aw* seien sämmtlich mit der positiven Kraftsubstanz *a* gegen die Körpermasse, der die Strahlen angehören, gerichtet; sondern wenn man annimmt, es können die *a* auch nach der der Körpermasse abgewendeten Seite hin liegen, ja noch mehr, die Achsen der Kraftmoleküle *aw* der Strahlen können überhaupt von der Richtung der Kraftstrahlen ganz abweichen.

Hält man unter allen Umständen an dem Naturgesetze fest, dass bei der Annäherung zweier mit ihren

Kraftstrahlen-Sphären sich durchdringenden Körpermassen aus den Kraftstrahlen Kraftmoleculé frei werden und sich mit den Körpermassen verbinden und umgekehrt, so sieht man ein, dass diese Körpermassen nun einen Zug nach jener Seite hin erfahren und eventuell auch nach jener Seite hin sich bewegen, nach welcher die Achsen und die a der Kraftmoleculé gerichtet sind, denn nach dieser Seite hin ziehen sich die Kraftmoleculé in der feststehenden Raums substanz fort. Sind die Achsen der aw mit a gegen die Körpermasse gerichtet, der die Kraftstrahlen angehören, so entsteht die Erscheinung der Massen-Anziehung; sind sie entgegengesetzt gerichtet, so entsteht die Massen-Abstossung, worauf das Wesen der Dämpfe und Gase beruht; sind sie quer gerichtet, so entstehen seitlich gerichtete Bewegungen der Massen, wie dies bei der Richtkraft der Magnete wahrgenommen wird; auch sieht man ein, dass Anziehung und Abstossung mit dem gegenseitigen Abstände der Massen zu- und abnimmt. Mithin besteht für die Erklärung der anziehenden, der abstossenden und der richtenden Kräfte der Massen ein und dasselbe Bewegungs-Princip.

Von besonderem Interesse ist es, die Entstehung und Bewegung der Weltkörper nach unserem Gesichtspunkte zu betrachten. Ich deute nur flüchtig Folgendes an:

Aetome, Atome und materielle Moleculé bewegten sich einst mittelst der ihnen anhaftenden Kraftmoleculé nach den verschiedensten Richtungen im Raume. Bei ihrer grossen Zahl waren Zusammenstösse unvermeidlich und es mussten sich reichlich Körpermassen bilden, welche nach verschiedenen Richtungen sich bewegten. Die weitreichenden Sphären der Kraftstrahlen der grösseren Massen zogen die kleineren Massen an sich, daher haben wir uns die grossen Weltkörper aus der Zusammensetzung vieler kleiner Weltkörper entstanden zu denken.

Unter den vielen sich bewegenden Massen, welche dem Bereiche eines grossen Weltkörpers angehörten, gab es offenbar auch solche, deren Bewegungsrichtungen dem Zusammenstosse ungünstig waren. Hier combinirten sich die Bewegungen zu denjenigen, welche wir thatsächlich wahrnehmen. Wir haben uns daher nicht vorzustellen, dass die Planeten unseres Sonnensystems aus der einstigen Nebelmasse der Sonne sich lostrennten — und selbst Ringe, wie sie Saturn zeigt, können vollständig von aussen her hinzugegetretene kleine Massen sein, die sich der Körper des Saturn unterwarf.

Die in solcher Weise sich darbietende Vorstellung über das Entstehen und die Bewegung der Himmelskörper stösst auf viel geringere Schwierigkeiten als diejenige von Kant-Laplace, welche die Sonne als Mutter der Planeten auftreten lässt; insbesondere ist die Erklärung des Entstehens der Gestirne aus einem einzigen Urnebel nicht leicht begreiflich, wenn die Hypothese des leeren Raumes aufrecht erhalten wird, während die Hypothese vom substantiellen Raum ohne Zwang diese Weltkörper-Phänomene erklären lässt.

V.

Elektricität und Magnetismus.

Noch zwei wichtige Gebiete, die der Elektricität und des Magnetismus sollte ich behandeln.

Ich bemerke nur in Kürze Folgendes: Elektricität ist ein auf den Körpern und theilweise auch in denselben wanderndes Etwas, welches von den Körpern hinweg bis zu gewissen Entfernungen auf andere geeignete Körper, Bewegung anstrebend oder auch hervorrufend, wirken kann. Weil dieses Etwas eine mit ihm zugleich wandernde Kraftsphäre zeigt, so ist zu schliessen, dass es eine Materie sei, die wie jede andere Materie aus Aetomen zusammengesetzt ist und also auch ihre Kraftstrahlen-Sphäre wie jede andere Materie besitzt.

Ich anerkenne deshalb eine elektrische Materie und nenne sie Elekt. Das Wesen des Elektes erfährt man aus den elektrischen Phänomenen. Sowie die physischen Moleculé der Gase durch besondere Beschaffenheit ihrer Kraftstrahlen-Sphären sich auszeichnen, vermöge welcher die Gastheilchen im Allgemeinen abstossend aufeinander einwirken, gegen flüssige und feste Körper aber mannigfaches Verhalten zeigen; so bekundet auch das Elekt ein verschiedenes Verhalten gegen sich selbst und gegen die physischen Materien, wonach die letzteren bekanntlich in gute und schlechte Leiter der Elektricität eingetheilt werden.

Die Erde als Ganzes ist ein guter Elektricitätsleiter. Demzufolge ist das Elekt, und wie aus den Phänomenen geschlossen werden muss, in unermesslicher Menge über die Erde ausgebreitet; ein Theil der weiten Kraftstrahlen-Sphäre der Erde ist eine directe Function der elektrischen Materie und wir dürfen sagen: die Erde sowie auch jeder andere physische Körper besitzt Elekt und eine ihm entsprechende elektrische Kraftstrahlen-Sphäre.

Das auf der Erde verbreitete Elekt ist als eine zusammenhängende lose und äusserst leicht bewegliche Masse anzusehen, welche in der Wirkung auf sich selbst und in der Wirkung auf die Massen der Erde in einen Zustand geräth, der unter Umständen als ein Gleichgewichtszustand erscheint und als solcher den normalen Zustand der Erde bildet, den wir gewöhnlich als unelektrischen bezeichnen. Erst Störungen im allgemeinen elektrischen Zustande, indem örtlich sich Elekt anhäuft, oder Elekt entfernt, empfinden wir als elektrische Zustände. Dort, wo Elekt sich über den vom Gleichgewichtszustand geforderten normalen Bedarf der Erde an Elekt anhäuft, sagen wir, der elektrische Zustand sei ein positiver; dort, wo Elekt in einem minderen Quantum vorhanden ist, als der elektrische Gleichgewichtszustand der Erde am betreffenden Orte es erheischt, sagt man, der elektrische Zustand sei ein negativer. Es bestehen sonach keine verschiedenen elektrischen Fluiden, sondern nur im Vergleich zum elektrischen Gleichgewichtszustand des betreffenden Ortes der Erde, positive oder negative elektrische Zustände.

Ist ein isolirter guter Leiter A positiv oder negativ elektrisch und wird er gut leitend mit der Erde verbunden,

so stellt sich zuerst zwischen A und dem Leiter ein elektrischer neuer Gleichgewichtszustand her und in dem Moment, als der Leiter mit der Erde in Verbindung tritt, entsteht ein Ausgleich der verschiedenen elektrischen Gleichgewichtszustände und jener der Erde herrscht vor, d. h. A nimmt den normal elektrischen Zustand der Erde an und erscheint deshalb weder positiv noch negativ elektrisch.

Verschieden elektrische Zustände suchen sich daher auszugleichen.

Positiv oder negativ elektrische Körper wirken mit ihrer elektrischen Sphäre in die Ferne. Hängt man in bekannter Weise zwei an isolirende Seidenfäden befestigte Hollundermark-Kügelchen A und B pendelnd nahe nebeneinander auf und versetzt das eine A in einen genügend kräftigen positiv oder negativ elektrischen Zustand, so befindet sich das zweite B in der elektrischen Sphäre von A , und A befindet sich in der normal elektrischen Sphäre von B . Bei diesem different elektrischen Zustande zeigt sich stets Anziehung; also treten aus den differenten elektrischen Kraftstrahlen-Sphären Kraftmoleküle in die Massen, mit den Achsen und mit a gegen die Massen gerichtet. Berühren sich die Massen, so entsteht ein elektrischer isolirter Gleichgewichtszustand und jetzt stossen sich die Massen stets ab, einerlei ob der isolirte Zustand positiv oder negativ ist; ein Beweis, dass die in die Massen tretenden Kraftmoleküle mit ihren a den Massen, welchen die Kraftstrahlen angehören, abgewendet liegen. Es zeigt dies, dass der negativ elektrische Zustand nach seinem Wesen derselbe ist, wie der positiv elektrische Zustand; dass beide Zustände von einerlei Wesenheit, also von einerlei Materie herrühren.

Ursachen, welche den normal elektrischen Zustand eines Körpers stören, sind Ursachen der Elektrizitäts-Erregung, Quellen für Elektrizität. Wo immer in einer der bekannten Weisen Elektrizität entsteht, findet man, dass sie aus einer Umwandlung vorhandener Kraftsubstanz hervorgeht. Demnach ist anzunehmen, dass die elektrische Materie erst in Folge besonderer Kraftmoleküle $aw = \alpha n \omega$, in welchen n innerhalb bestimmter Grenzen liegt, die elektrischen Eigenschaften erlangt. Somit haben wir elektrische Kraftmoleküle anzunehmen, welche zu Ursachen der elektrischen Kraftstrahlen werden; das Elekt ist die Materie, mit der sich die elektrischen Kraftmoleküle direct verbinden; erst indirect durch das Elekt verbinden sich die elektrischen Kraftmoleküle mit der gewöhnlichen Materie. Durch diese Auffassung der Elektrizität wird es geboten, bei verschiedenen Erscheinungen darauf zu achten, ob die elektrische Kraft in den Vordergrund tritt, und ob nebst ihr auch auf die elektrische Materie, auf das Elekt, zu achten ist; oder ob das Umgekehrte stattfindet. Das Elekt bietet Veranlassung zur Entstehung chemischer Processe; umgekehrt, chemische Processe entwickeln Elekt. Sowie Sauerstoff im freien Zustande und chemisch gebunden vorkommt, so ist dies auch bei dem Elekt der Fall, wofür die freie Elektrizität und das chemische Verhalten der Elektrizität spricht.

Unter den Elektrizitäts-Erregungen spielt jene durch Berührung heterogener Materien eine hervorragende Rolle. Um sich diese Entstehung der Elektrizität,

z. B. bei der Berührung von Kupfer und Zink, klar zu machen, stelle man sich vor, dass bei der Berührung an den Contactflächen ein chemisches Wirken zwischen den Molekülen des Kupfers, Zinks und des Elekts stattfindet, in Folge dessen das eine Metall eine Elektverbindung an der Berührungsstelle eingeht, welche die Befähigung besitzt, alle in Folge der Verbindung frei gewordene elektrische Kraftsubstanz nach einer bestimmten Seite zu richten, wodurch im anderen Metalle ein elektrisch negativer Zustand entsteht. Die sogenannte elektromotorische Kraft ist daher die Wirkung bestimmter Elektverbindungen mit den sich berührenden Materien. In entsprechender Verbindung mit geeigneten flüssigen Stoffen entsteht durch die elektrische Anregung der in Berührung sich befindenden Metalle ein chemischer Process und durch diesen selbst eine weitere Entwicklung von Elektrizität; dies führt zur Construction galvanischer Batterien, zu elektrischen Strömen, welche bei geschlossener guter Leitung von den Polen der bekanntlich aus Elementen zusammengesetzten Batterie ausgehen. An dem positiven Pole befindet sich die elektrische Kraft am stärksten, am negativen Pole am schwächsten angehäuft. Bei Schliessung der Leitung tritt ein Ausgleich, eine Herstellung elektrischen Gleichgewichts ein. Indem zum negativen Pol aus der Leitung her elektrische Kraft zuströmt, gewinnt es den Anschein, als ginge auch vom negativen Pole ein elektrischer, ein negativer Strom aus, während er eigentlich nur ein Fortschreiten des negativen Zustandes ist, bis dieser durch den positiven Strom seinen Ausgleich findet.

Die an der Berührungsstelle der heterogenen Materien vorhandenen Elektverbindungen sind Ursache neuer chemischer Processe, neuer Elektrizitäts-Entwicklungen, und solange die chemischen Bedingungen günstige sind, dauert die Stromentwicklung fort.

Ein in einem Drahte circulirender elektrischer Strom ist in derselben Weise wie ein Lichtstrahl aufzufassen. Es ziehen hintereinander in gewissen Folgedistanzen elektrische Kraftmoleküle dahin und an jeder Stelle, an welcher ein solches Kraftmolekül sich in einem Elektmolekül befindet, ist die ganze Kraftsphäre des Elektmoleküles in dem elektrisch genannten Zustande, alle Kraftmoleküle der Strahlen sind, mit a voraus, nach der Richtung des Stromes geordnet. Mit den elektrischen Kraftmolekülen schreitet demnach eine elektrische Kraftsphäre fort und deshalb vermag jeder elektrische Strom auch in die Ferne zu wirken.

Vergegenwärtigt man sich den elektrischen Zustand der die Erde umgebenden Atmosphäre, so erkennt man, dass die vielen Lufttheilchen auch ihre elektrischen Sphären besitzen. Wenn daher ein elektrischer Strom in einer Leitung fließt, so müssen die elektrischen Schichten desselben einen bewegenden Einfluss auf die umgebenden normal elektrischen Sphären nehmen. Der elektrische Strom wird diese Sphären zur Seite drängen und es wird gewissermaassen in dem Raum zwischen zwei aufeinander folgenden elektrischen Schichten des Stromes ein elektrisches Vacuum angestrebt werden. Wenn nun zwei elektrische Ströme

nahe bei einander vorübergehen, so wirken sie mit ihren Sphären aufeinander ein und sind die Leiter leicht beweglich, auf dass sie den elektrischen Kräften folgen können, so werden die beweglichen Leiter sich so stellen, dass die Ströme einander den geringsten Widerstand entgegensetzen, folglich werden sie sich derart richten, dass die Ströme parallel und im gleichen Sinne fließen und es gewinnt den Anschein: entgegengesetzt gerichtete elektrische Ströme stossen einander ab.

Das elektrische Vacuum wird zwischen den beiden Strömen am stärksten sich aussprechen. Vermögen die Leiter sich zu nähern, so wird, weil der äussere Druck der normal elektrischen Erdsphäre im elektrischen Vacuum keinen Gegendruck findet, dieser Druck die Leiter gegen einander bewegen, d. h. soviel als: gleich gerichtete elektrische Ströme ziehen einander an. Von besonderer Bedeutung sind die in gleichem Sinne neben einander circulirenden elektrischen Kreisströme, wie sie annähernd in den Solenoiden erzeugt werden. Die Solenoide verhalten sich wie die Magnete und dies führte bekanntlich dazu, die Magnete als Träger von gleichgerichteten kreisähnlichen Strömen aufzufassen.

Es ist schwer, dieser Auffassung bei der gewöhnlichen Anschauung der Natur beizupflichten; allein, wenn man sich vorstellt, dass die relativ leicht beweglichen Elektromoleküle an einem magnetischen Körper so geordnet liegen, wie ein elektrischer Strom die Elektromoleküle in einer Leitung ordnet, so begreift man leicht, wie ein Körper geeignet sein kann, ein Magnet zu werden. Treten elektrische Kraftmoleküle in solche Elektromoleküle ein, so können sie cyklische Bahnen beschreiben und so den Körper zum Magneten machen.

Mithin ist der Magnetismus nur eine besondere Art der Erscheinung der Elektricität und es erklären sich jetzt die magnetischen und magnetisch-electrischen Phänomene in ungezwungener Weise. Wenn beispielsweise ein weicher Eisenstab in eine von einem elektrischen Strome durchflossene Drahtspule geschoben wird, so richtet die Kraftsphäre des Stromes die Elektromoleküle des Eisenkernes und die von der Kraftsphäre des Stromes in die Elektromoleküle eingetretenen elektrischen Kraftmoleküle machen die Elektromoleküle elektrisch und nun ist der Eisenkern ein Magnet. Sobald die richtende Kraft des Stromes verschwindet, hört der Magnetismus auf. Oder wenn über eine Declinations-Magnetnadel ein elektrischer Strom geleitet wird, so richtet der Strom die Magnetnadel derart, dass ihre elektrische Kraftsphäre in den dem Strome zugewendeten Theile mit der Stromrichtung übereinstimmt, wodurch sich das Ampère'sche Ablenkungsgesetz ergibt u. s. w.

Bei den Magneten ist deutlich zu erkennen, dass die Kraftmoleküle der Kraftstrahlen quer zur Strahlenrichtung gelagert sein müssen.

Auch bei den Kraftstrahlen-Sphären elektrischer und magnetischer Körper gilt das allgemeine Gesetz der Kraftsphäre, nach welchem bei der Annäherung und dem Eindringen in diese Sphäre Kraftmoleküle frei, im umgekehrten Falle aber Kräftemoleküle gebunden werden.

VI. Schluss.

Betrachten wir von dem nunmehr gewonnenen Standpunkte aus, zu dem die Hypothese vom substantiellen Raum und der substantiellen Kraftgeleitet hat, alle Vorkommnisse in der Natur, so finden wir in ihnen das Wirken speciell entwickelter Kraftmoleküle und specieller Formen von Materie, die nur aus Kraftmolekülen entstanden ist. Die Kraftmoleküle ziehen sich in der Raumb substanz fort und sind sie mit Materie verbunden, so nehmen sie die Materie mit. Alle Materie ist von Kraftstrahlen-Sphären umgeben und diese sind Behälter von latenter Kraft, welche nach dem Gesetze der Bildung der Kraftsphäre frei, oder umgekehrt wieder gebunden wird. Eine eigentliche Attraction der Massen gibt es nicht. Die in den Kraftstrahlen-Sphären enthaltenen Kraftmoleküle gehen in gesetzmässiger Weise in die Massen über, welche sie mit den Kraftstrahlen durchdringen und indem die frei werdenden, mit den Massen sich verbindenden Kraftmoleküle die Massen in der Richtung der Strahlen im Raume fortziehen, gewinnt es den Anschein, als bestünde eine Massen-Anziehung und leicht ist jetzt das von Newton aufgestellte Gesetz über die Stärke der scheinbaren Massen-Anziehung zu erkennen.

Wo immer wir in der Natur Kräfte im Sinne der Mechanik arbeiten sehen, finden wir einen Umtausch von Kraftmolekülen und oft ihn begleitende Zusammensetzungen oder Zerlegungen der Kraftmoleküle. Jetzt ist es klar, wohin Arbeitskraft verschwindet und woher Arbeitskraft kommt: Jede Entfernung der mit ihren Kraftsphären sich durchdringenden Massen von einander fordert Aufnahme von Kraftsubstanz in die Kraftstrahlen d. h. Verlust an mechanischer Arbeit oder Wärme oder sonst einer Kraftform — und wo die Massen der mit ihren Sphären sich durchdringenden Kraftsphären sich einander nähern, werden Kraftmoleküle frei, wird mechanische Arbeit geleistet, entsteht Wärme, Licht oder sonst eine Form des Wirkens der Kraftmoleküle.

Die ganze Vorstellung vom Wirken der Natur wird gegenüber der modernen Vorstellung eine völlig veränderte. Während jetzt der Raum ausser der einzigen Eigenschaft, den Ort für die Dinge der Welt herzugeben, gar keine auf das Geschehen der Ereignisse Einfluss nehmende andere Eigenschaft besitzt, wird nach der hier gegebenen Auffassung der Raum als substantielle Wesenheit zum mächtigsten Factor aller Phänomene; er ist es, der überall vorhanden ist, überall die nie wankende Stütze für das Entstehen der Bewegungen der Dinge bietet.

Wie dürfte sich bei weiterer Erforschung der Natur nach der Hypothese vom substantiellen Raum so manche jetzt bestehende Vorstellung ändern; wie könnten die leitenden Ideen für Experimente zu ganz neuen Versuchen und Erfahrungen führen! Denken wir nur an die Existenz der Kraftstrahlen-Sphären, welche die Kräfte je nach der Art des Zusammenwirkens der Massen entweder binden oder freigeben und versuchen wir flüchtig die Consequenzen für das organische Leben zu ziehen. Wie jeder Stein, jedes Stück Materie seine Kraftstrahlen-Sphäre

besitzt, so muss auch jede Pflanze, jedes Thier, jeder Mensch eine solche Sphäre besitzen und so lange ein organisches Wesen in ununterbrochener Lebensthätigkeit sich befindet, so lange muss seine Kraftstrahlen-Sphäre auch fortwährenden Schwankungen unterworfen sein. Wenn daher Menschen in entsprechender Nähe sich befinden, so durchdringen sich die Sphären der Kraftstrahlen ihrer Körper und wie das pulsirende Leben die materiellen Theilchen des Körpers fortwährend chemisch und mechanisch bewegt, so müssen die aus den Verbindungen entstehenden Kraftmoleküle zum Theil in die Kraftstrahlen-Sphäre treten und die Zerlegungen der Massentheilchen müssen wieder von Aussen Kraftmoleküle aufnehmen; folglich werden durch die sich durchdringenden Kraftstrahlen-Sphären Acte des Austausches der Kraftmoleküle entstehen und so manche physiologische Erscheinung, vor deren Erklärung wir heute rathlos dastehen, wird uns einleuchtend werden.

Eine Reihe von Phänomenen, welche man heute geradezu läugnet, weil man keinen Weg erspähen kann, ihrem Verständnisse mit den modernen Kenntnissen der Naturforschung näher zu rücken und sich daher scheut, sie zu untersuchen, werden nach dem Principe des substantiellen Raumes und der substantiellen Kraft der Untersuchung zugänglich gemacht. Denken wir beispielsweise daran, wie die Erscheinung des freien Fallens entsteht, indem Kraftmoleküle aus den Kraftstrahlen der Erde in den Körper eintreten und dass nun diese Moleküle es sind, welche sich im Raume fortziehen und den Körper zur Erde bewegen — dann sehen wir die Denkbarkeit ein, dass aus einem organischen Körper unter Umständen sich Kraftmoleküle entwickeln, welche in andere Körper mittelst der Kraftstrahlen-Sphäre überströmen und in diesen andern Körpern Bewegung veranlassen, während wir äusserlich gar keinen Grund für solche Bewegungen wahrnehmen. Wird man aber solche Phänomene einem systematischen Studium nach dem hier erörterten Standpunkte unterziehen, dann ist gar nicht zu zweifeln, dass sich der Kreis der Naturerkenntnis in's Ungeahnte erweitern wird, dass wir auch einen verständlicheren Zusammenhang zwischen Materie und organischem und geistigem Leben gewinnen werden, als er derzeit bekannt ist.

Alle Gebiete der Naturforschung dürften eine Befruchtung durch das Princip der Substantialität der Kraft

und des Raumes erfahren und es erschliesst sich die Möglichkeit, dass in Zukunft die Naturwissenschaft Materie und Geist in gleicher Weise beurtheilt, dass sie denselben fundamentalen Gesetzen das Walten der belebten Natur unterstellt, welchen sie die Beurtheilung der Phänomene der unorganischen Welt unterwirft.

* * *

Indem ich jetzt diese nur unvollkommen skizzierte Darstellung der Gedanken schliesse, auf welche sich eine substantialistische Weltanschauung basiren lässt, will ich nochmals betonen, dass die moderne materialistische Weltanschauung dringend einer Reform bedarf; insofern sie mit der ganz und gar irrigen Vorstellung einer Massenträgheit und einer unvermittelten Fernwirkung der Massen ihr Erläuterungssystem der Naturvorgänge begründet, schafft sie ein trügerisches Wissensgebäude, dem alle Einheit mangelt; denn wahr ist es ja, sie ist in der Erklärung des Entstehens von Bewegung, dem Fundamente alles Geschehens, völlig rathlos. Bei der Bewegung durch Stoss lässt sie die Trägheit wirken; bei dem freien Fall die Anziehung der Erde; bei der Bewegung des Lichtes einen hypothetischen Weltäther; bei der Bewegung durch die Wärme deren Expansivkraft; bei elektrischen und magnetischen Wirkungen sind es wieder eigene Kräfte, die in Thätigkeit treten u. s. w. und sobald neue Phänomene sich finden, deren Bewegungen nach den vorhandenen Mustern sich nicht erklären lassen, muss sie nach neuen Hypothesen greifen oder — sie läugnet die Erscheinungen! Kann eine so bunte Erklärung des Entstehens der Bewegungen auf dem Pfade der Wahrheit sich ergeben? Ist es möglich, bei solchem Stückwerk in den Grundlagen eine in sich widerspruchsfreie Wissenschaft zu gewinnen? Sind nun jene Lehren, welche aus den Fehlern der Naturwissenschaft entspringen und als Materialismus im Volke leben, unseres Vertrauens würdig? Sie sind es nicht und deshalb achte man auf alle neuen Wege der Naturerklärung, von welcher Seite sie auch kommen; die materialistische Naturauffassung ist hinfällig geworden und wird in vielleicht nicht allzuferner Zeit ihren Zweck erfüllt haben, um als ein Glied in der Kette cultureller Entwicklungsstufen der Menschheit der Vergangenheit anheimzufallen.

Wien, im März 1884.

Ueber das Rollplanimeter von Coradi.

Von **Franz Lorber**, o. ö. Professor an der k. k. Bergakademie in Leoben.

(Mit Zeichnung auf Blatt 18.)

Der bekannte Mechaniker, Herr G. Coradi in Zürich hat in kurzer Zeit verschiedene Constructionen seines in Gemeinschaft mit Herrn F. Hohmann in Bamberg erdachten Präcisionsplanimeters ausgeführt; am 14. August 1883 habe ich die Untersuchungen über die letzte Construction *) (freischwebendes Planimeter) abgeschlossen, und schon zu

Anfang dieses Jahres war das hier zu besprechende Instrument, Rollplanimeter genannt, in meinen Händen.

Das Rollplanimeter *) (Fig. 1, 2, 3 auf Tafel 18) in $\frac{2}{3}$ der wirklichen Grösse besteht aus einem Bügel *BB* von der aus den Figuren ersichtlichen Form; *nn* ist die verticale Drehungsachse für einen den Bügel umgreifenden Rahmen,

*) Lorber: „Ueber das freischwebende Präcisionsplanimeter“, Zeitschrift für Vermessungswesen 1884, 1. Jännerheft.

*) Zum Zwecke der einfacheren Beschreibung denke man sich das Planimeter auf eine horizontale Unterlage aufgestellt.

welcher nach unten in eine Hülse endigt, in der sich der eingetheilte Fahrarm A verschieben, feststellen und mit Hilfe einer Mikrometerschraube und eines an der Hülse angebrachten Nonius auf eine beliebige Ablesung einstellen lässt.

In dem Rahmen N ist in Spitzenschrauben die horizontale Achse mm für den die Messrolle R tragenden Rahmen M eingelagert, an welchem ausserdem noch die Zählsscheibe für die ganzen Umdrehungen der Messrolle angebracht ist; die Unterabtheilungen können mit Benützung eines Nonius an dem in hundert gleiche Theile getheilten Umfange der Rolle bis auf Tausendstel einer Umdrehung abgelesen werden.

Die Messrolle R liegt auf einer mit Papier überzogenen horizontalen Scheibe S aus Hartkautschuk auf, und dreht sich letztere um eine verticale in dem Bügel BB eingelagerte Achse s , auf welcher auch die kleine Rolle l , die an ihrem unteren Rande conisch geformt und geriffelt ist, sitzt. Der Bügel BB enthält in dd die Achse für eine horizontale Welle, welche mit den cylindrischen Rollen CC , und der Uebertragungsrolle L aus einem Stücke hergestellt ist; letztere ist entsprechend der Rolle l , welche die Stelle der Laufrolle beim Präcisionsplanimeter vertritt, auch conisch geriffelt, und sind die beiden Riffelungen derart im gegenseitigen Eingriffe, dass dadurch eine Uebersetzung der Bewegung der horizontalen Welle auf die Drehungsachse der Scheibe S erfolgt. *)

Durch die Abwälzung der auf der Planunterlage laufenden zur Achse der Welle concentrisch und senkrecht stehenden Rollen CC , welche genau gleichen Halbmesser haben, ist eine Bewegung des ganzen Instrumentes in der zur Wellenachse senkrechten Richtung bedingt; um ein Gleiten der Rollen und dadurch eine Verdrehung des Instrumentes zu verhindern, sind die Rollen CC an ihren Oberflächen senkrecht zur Achse dd rau gemacht. **)

Damit auch die geringer Fahrarmlänge (Abstand des Fahrstiftes von der Achse nn) noch immer das Uebergewicht auf die Seite des Fahrstiftes fällt, ist das Gegengewicht G in den Bügel BB eingeschraubt, welches die Bestimmung hat, den auf die entgegengesetzte Seite des Fahrstiftes hinausragenden Theil des Fahrarmes zu balanciren.

Zur Umfahrung der Begrenzung einer ebenen Figur sind zwei Theilbewegungen erforderlich; durch die eine wird das Planimeter bei unveränderter Stellung des Fahrarms in einer zur Achse dd senkrechten Richtung geführt, und durch die andere wird bei unveränderter Stellung des

*) Bei einer kleineren Construction des Rollplanimeters fehlt die Rolle L , dafür ist aber die eine der beiden cylindrischen Rollen C an ihrem Ende conisch geriffelt. Bei diesem kleineren, in einem zierlichen Etui von 17 cm Länge und 12 cm Breite untergebrachten Instrumente ist die Länge der Welle 11 cm; es ist aber wohl selbstverständlich, dass das Rollplanimeter auch in beliebig grösseren Dimensionen ausgeführt werden kann, und in der That hat Herr Coradi schon derartige Planimeter bis zu 50 cm Wellenlänge angefertigt.

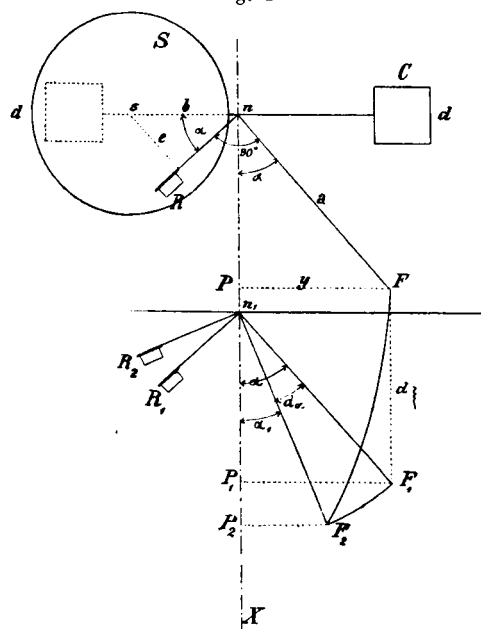
**) Würden die Oberflächen der Rollen CC einen mit der Wellenachse concentrischen Kegelstutz bilden, so müsste die Bewegung des Instrumentes in einem Kreise erfolgen, dessen Mittelpunkt die Kegelspitze wäre, und würde dadurch an dem Wesen des Planimeters nichts geändert.

Instrumentes der Fahrarm mit der Hülse um die Achse dd gedreht.

In letzterem Falle beschreibt der Punkt, in welchem der Rand der Messrolle R die Scheibe berührt, einen Kreisbogen um nn , wodurch keine Abwälzung der Rolle, sondern bloss eine Aenderung des Abstandes des Rollenrandes vom Scheibenmittelpunkte bewerkstelligt wird; im ersteren Falle beschreibt der Fahrstift eine gerade Linie, es wird die Scheibe S in Rotation versetzt und dadurch eine Abwälzung der Rolle herbeigeführt, welche für die Flächenbestimmung unmittelbar maassgebend ist, und umso grösser wird, je grösser der Abstand des Rollenrandes vom Mittelpunkte der Scheibe ist; wird dieser Abstand gleich Null, so findet also bei der angegebenen Führung des Instrumentes keine Wälzung der Rolle statt, und zwar ist dies, die Erfüllung der theoretischen Constructionsbedingungen (Achse nn und Drehungsachse der Scheibe in der durch die Achse der Welle gelegten Verticalebene und die Ebene des Rollenrandes durch nn und senkrecht zu der durch diese Achse und die Achse des Fahrstiftes gelegten Ebene) vorausgesetzt, dann der Fall, wenn der Fahrstift auf einer Geraden fortgeführt wird, welche zur Verticalebene der Wellenachse senkrecht steht und durch den Fusspunkt der Achse nn geht.

Bei dieser Voraussetzung lässt sich unter Annahme eines rechtwinkligen Achsensystems die Theorie des Instrumentes leicht ableiten; in der folgenden Figur 1 stellt dd die horizontale Projection der Wellenachse, n und s jene der Drehungsachse des Fahrarms, beziehungsweise der Scheibe S vor, und ist die Abscissenachse durch n senkrecht zu dd gelegt, während die Ordinatenachse an einer beliebigen Stelle angenommen werden kann.

Fig. 1.



Für die Führung des Fahrstiftes auf dem Bogenelemente FF_2 kann man die beiden Componenten FF_1 // zur Abscissenachse und F_1F_2 substituiren; eine Wälzung der Messrolle tritt nur bei der Bewegung des Fahrstiftes von F nach F_1 ein, wobei n nach n_1 kommt.

Ist $FF_1 = d\xi$, so muss $d\xi = Cd\varphi$ (1) sein, da die Rollen C (mit dem Halbmesser C) eine Ab-

$$x = C \varphi; L \varphi = l \psi; e \psi = R v_1; e = \frac{b}{a} y; \frac{e L}{l C} x = R v_1,$$

woraus, ähnlich wie früher,

$$R v_1 = \frac{b L}{a l C} y x \text{ oder } y x = \frac{a l C}{b L} R v_1 \dots (14)$$

folgt.

Um mit dem Fahrstifte von D nach D_1 zu gelangen, ist die combinirte Bewegung $D D_2$ und $D_2 D_1$ nothwendig, wodurch die Achse n_1 nach n_2 gelangt, und der Winkel α in α_1 übergeht; von D_1 wird der Fahrstift zunächst nach A_1 geführt, dabei bleibt α_1 ungeändert, es kommt n_2 nach n_3 und um von A_1 nach A zu gelangen, sind die Wege $A_1 A_2$ und $A_2 A$ zurückzulegen, so dass schliesslich die Drehungsachse des Rahmens wieder nach n zurückkehrt und α_1 wieder in α übergeht, wenn der Fahrstift in A angelangt ist.

Für die beiden Strecken $D D_1$ und $A_1 A$ sind nun die auftretenden Wälzungen der Messrolle gleich und entgegengesetzt; sie heben sich gegenseitig auf und brauchen nicht weiter in Betrachtung gezogen zu werden.

Es haben sonach auf die Flächenermittlung nur Einfluss die Abwälzungen, welche sich beim Befahren der zur Abscissenachse parallelen Seiten ergeben; für die Seite $D_1 A_1$ erhält man analog der Gleichung 14

$$-y_1 x = \frac{a l C}{b L} R v_2 \dots (15)$$

wobei durch Einsetzung des negativen Werthes von x darauf Rücksicht genommen wurde, dass nunmehr der Weg $D_1 A_1$ in der zu $A D$ entgegengesetzten Richtung zurückgelegt wurde.

Addirt man Gleichung 14 und 15, so erhält man:

$$x(y - y_1) = F = \frac{a l C}{b L} R v = n f \dots (16)$$

den Flächeninhalt des Rechteckes; da sich jede beliebige Fläche in unendlich viele und unendlich kleine Streifen von der Form des in Betracht gezogenen Rechteckes zerlegen lässt, so ist also durch Gleichung 16 auch nachgewiesen, dass man die Flächeninhalte von Figuren mit beliebiger Begrenzung mittelst des Planimeters dadurch bestimmen kann, dass man die Begrenzung mit dem Fahrstifte nachfährt und die Differenz der Ablesungen mit dem Werthe einer Rollenumdrehung $f = \frac{a l C}{b L} 2 R \pi$ multiplicirt.

Da in dem Ausdrucke für f mehrere Grössen vorkommen, so hat es der Mechaniker in seiner Macht, durch zweckmässige Wahl derselben dem Werthe einer Rollenumdrehung zur Erhöhung der Genauigkeit des Instrumentes beliebig (innerhalb der Grenzen der Zulässigkeit liegende) kleine Werthe zu ertheilen; insolange die Fahrarmlänge a constant bleibt, ändert sich auch f nicht, soll es also möglich sein, diesem verschiedene Grösse zu geben, so muss a veränderlich eingerichtet sein, was durch die Verschiebung des Fahrarmes bezweckt wird.

Das von mir untersuchte grössere Rollplanimeter soll nach Angabe des Mechanikers folgende Werthe von f haben:

Einstellung am Fahrarme 159.4	$f = 4 \text{ cm}^2$
200.8	5 "
324.9	8 "
407.7	10 "

während das Instrument kleinerer Construction die Anwendung gestattet mit:

$$f = 2 \text{ cm}^2 \text{ bei Einstellung am Fahrarme } 111.5$$

4	"	"	"	"	224.2
5	"	"	"	"	280.5

Wenn an dem Instrumente die vorausgesetzten Constructionsbedingungen nicht erfüllt werden, so muss dies natürlich einen Einfluss auf die gezogenen Schlussfolgerungen haben, welcher mehr oder minder von Bedeutung sein wird; insolange die für ein Planimeter wesentlichste Bedingung, dass die Anzahl der von der Messrolle beim Umfahren einer geschlossenen Figur zurückgelegten Umdrehungen dem Flächeninhalte proportional ist, erfüllt ist, sind die Abweichungen von den in der Theorie geforderten Constructionsbedingungen ganz ohne Bedeutung, so z. B. ist es für die richtige Flächenermittlung nicht unbedingt nothwendig, dass die Ebene des Rollenrandes durch nn geht, oder dass die durch die Achse nn und die Achse der Scheibe gelegte Verticalebene dd in sich enthält, wenn nur die Bedingungen erfüllt sind, dass der Winkel zwischen Fahrarm und Rollenrand 90° beträgt und die Ebene durch die Scheibenachse und nn zur Wellenachse dd parallel ist.

Im ersteren Falle wird der Abstand e um einen constanten Betrag vermehrt oder vermindert, welcher dem senkrechten Abstände von nn von der Ebene des Rollenrandes entspricht; es ist sonach $e = \frac{b}{a} y + k$ und damit geht Gleichung 8 über in

$$\frac{b L}{a l C} y dx \pm k \frac{L}{l C} dx = R dv \dots (17)$$

wo von dem bei der Integration ohnedies verschwindenden Gliede abgesehen wurde.

Bei der Umfahrung einer geschlossenen Figur wird diese Gleichung zwischen den Grenzen x_1 und x_2 einerseits und x_2 und x_1 anderseits integrirt und fallen demnach bei der Summirung die beiden Integrale

$$\pm k \frac{L}{l C} \int_{x_1}^{x_2} dx \text{ und } \pm k \frac{L}{l C} \int_{x_2}^{x_1} dx,$$

weil gleich und entgegengesetzt bezeichnet, aus dem Resultate weg, und ähnlich verhält es sich bei der elementaren Entwicklung der Theorie; dabei ist freilich stillschweigend angenommen, dass sich der Abstand k während der Messung nicht ändere, was nur dann der Fall sein wird, wenn die Messrolle auf ihrer Achse keinen Spielraum hat.

Ist etwa die Achse dd nicht in der Ebene durch ns , sondern parallel zu dieser Ebene (der Abstand kann wegen der durch die nothwendige Uebersetzung bedingten Constructionsverhältnisse nur sehr klein sein), so wird an der Theorie überhaupt nichts geändert, weil sich auch in diesem Falle der Abstand $e = \frac{b}{a} y$ ergibt.

Die wesentlichsten Forderungen für die Richtigkeit des Instrumentes sind somit: 1. Die Ebene des Rollenrandes muss senkrecht, oder, was dasselbe ist, die Achse der Messrolle muss parallel zum Fahrarm sein und 2. die durch die Scheibenachse und nn gelegte Ebene muss parallel zu dd sein; da Abweichungen von diesen beiden Bedingungen

bemerke ich, dass bei den bisher von mir untersuchten Planimetern sich das Gesetz für

$$dn = m = K + K_1 \sqrt{n} \dots (25)$$

bestätigt gefunden hat; da $F = nf$ ist, so ergibt sich der Umfahungsfehler durch Differentiation dieser Gleichung mit

$$dF = f dn = Kf + K_1 f \sqrt{n} = Kf + K_1 \sqrt{Ff} \dots (26)$$

woraus leicht geschlossen werden kann, dass im Allgemeinen die Genauigkeit der Flächenbestimmung um so grösser wird, je kleiner f ist, oder dass die Anwendung der Planimeter bei kurzen Fahrarmmlängen zur Erhöhung der Genauigkeit wesentlich beiträgt.

Tabelle I enthält die Resultate der mit den beiden Rollplanimetern in verschiedenen Fahrarmstellungen bei Flächen (Kreise mit dem Control-Lineal beschrieben) zwischen 3.14 und 314.16 cm² angestellten 2020 Beobachtungen; aus je 10 Umfahrungen (es wurde überwiegend langsam, aber auch bei mehreren Versuchsreihen schnell gefahren) in jeder Richtung ist der mittlere Fehler m einer Beobachtung gerechnet worden.

übergehen, welche nun zur Aufstellung von Zahlenwerthen für dn und dF benützt werden können. (Wären die Beobachtungen für jedes Instrument einer besonderen Berechnung unterworfen worden, so hätte sich ergeben:

Für das grössere Rollplanimeter $m = 0.00076 + 0.00072 \sqrt{n}$
 " " kleinere " $m = 0.00103 + 0.00048 \sqrt{n}$
 und im Mittel . . . $m = 0.0009 + 0.0006 \sqrt{n}$)

Es ist selbstverständlich, dass den in Tabelle II enthaltenen nach 27 und 28 berechneten Werthen die Voraussetzung zu Grunde liegt, dass so wie bei den Versuchen die Begrenzung der Figur genau eingehalten wird, wozu bemerkt wird, dass sich ein Gesetz der Natur der Sache nach nur aus Beobachtungen bei Probeflächen aufstellen lässt.

Tabelle II ist nur bis zu Flächen von 200 cm² ausgedehnt worden, obgleich das Rollplanimeter auch grössere Flächen zu messen gestattet; während bei allen anderen Planimetern der Grösse der auf einmal (d. h. ohne Zerlegung) zu ermittelnden Fläche eine Grenze gesetzt ist, ist dies bei dem Rollplanimeter nicht in demselben Maasse

Tabelle II.

F cm ²	n	dn	dF cm ²	$\frac{dF}{F}$	n	dn	dF cm ²	$\frac{dF}{F}$	n	dn	dF cm ²	$\frac{dF}{F}$	n	dn	dF cm ²	$\frac{dF}{F}$	n	dn	dF cm ²	$\frac{dF}{F}$
$f = 2 \text{ cm}^2$					$f = 4 \text{ cm}^2$				$f = 5 \text{ cm}^2$				$f = 8 \text{ cm}^2$				$f = 10 \text{ cm}^2$			
5	2.5	0.0019	0.004	$\frac{1}{1250}$	1.25	0.0015	0.006	$\frac{1}{830}$	1	0.0014	0.007	$\frac{1}{710}$	0.625	0.0013	0.010	$\frac{1}{500}$	0.5	0.0012	0.012	$\frac{1}{420}$
10	5	23	5	$\frac{1}{2000}$	2.5	19	8	$\frac{1}{1250}$	2	17	9	$\frac{1}{1110}$	1.25	15	12	$\frac{1}{830}$	1	14	14	$\frac{1}{710}$
20	10	29	6	$\frac{1}{3330}$	5	23	9	$\frac{1}{2220}$	4	21	11	$\frac{1}{1820}$	2.5	19	15	$\frac{1}{1330}$	2	17	17	$\frac{1}{1180}$
50	25	42	8	$\frac{1}{6250}$	12.5	32	13	$\frac{1}{3850}$	10	29	15	$\frac{1}{3330}$	6.25	25	20	$\frac{1}{2500}$	5	23	23	$\frac{1}{2170}$
100	50	56	11	$\frac{1}{9100}$	25	42	17	$\frac{1}{5880}$	20	33	19	$\frac{1}{5260}$	12.5	32	26	$\frac{1}{3850}$	10	29	29	$\frac{1}{3450}$
200	100	77	15	$\frac{1}{13330}$	50	56	22	$\frac{1}{9090}$	40	51	25	$\frac{1}{8000}$	25	42	34	$\frac{1}{5880}$	20	38	38	$\frac{1}{5260}$

Die so gefundenen Werthe von m^2 wurden dann schliesslich für jede Reihe, d. h. für alle bei denselben Fahrarmstellungen und derselben Fläche angestellten Beobachtungen zu einem arithmetischen Mittel vereinigt, so dass also z. B. das in Nr. 10 vorkommende Fehlerquadrat $m^2 = 0.00000768$ das Mittel aus 10 Werthen von m^2 (5 in \rightarrow und 5 in \leftarrow) vorstellt; die Umdrehungszahlen sind genau genug in zwei Decimalen angegeben. Ausser diesen zur Berechnung der beiden Constanten K und K_1 von Gleichung 25 nöthigen Daten findet man in der Tabelle auch den Umfahungsfehler $dF = mf$ und das Fehlerverhältniss $\frac{dF}{F}$, welches, wie bei anderen Planimetern, nicht constant, sondern bei kleinen Flächen grösser als bei grossen Flächen ist.

Die Constanten ergeben sich nach der Methode der kleinsten Quadrate mit

$$K = 0.00076 \quad K_1 = 0.00069$$

womit die Gleichungen 25 und 26 in

$$m = dn = 0.00076 + 0.00069 \sqrt{n} \dots (27)$$

$$\text{und } dF = 0.00076 f + 0.00069 \sqrt{Ff} \dots (28)$$

der Fall und kann man mit demselben auch grössere Flächen bei kurzer Fahrarmstellung bestimmen, wenn nur die Ausdehnung der Fläche in der Richtung parallel zur Welle kleiner ist als die Entfernung der beiden äussersten Stellungen des Fahrstiftes rechts und links von der Abscissenachse.

Es ist somit die Ausdehnung der Fläche in der Richtung der Abscissenachse an keine Grenze gebunden und darin liegt ein wesentlicher Vorzug der Rollplanimeter.

Die Planimeter-Resultate sind ausser dem Umfahungsfehler auch noch dem einseitig wirkenden Fehler wegen der Justirung (Ermittlung von f für eine gegebene Fahrarm-Einstellung) unterworfen; dieser hängt von der Genauigkeit der verwendeten Probefläche ab und nimmt im Allgemeinen mit der Grösse derselben ab, so dass zur Bestimmung von f möglichst grosse Probeflächen (die Genauigkeit der Justirung wird überdies durch Verwendung mehrerer Probeflächen erhöht) benützt werden sollen.

Zum Zwecke der schnelleren Einstellung des Fahrarmes für einen gegebenen Werth von f soll überdies die dem

Planimeter eigenthümliche Gleichung abgeleitet werden. *) Die Wirkung des Fehlers in der Justirung äussert sich bei allen Planimetern in derselben Weise; anders ist es in Betreff der Genauigkeit der Umfahung, welche die Leistungsfähigkeit der Instrumente bestimmt und bei den verschiedenen Constructionen verschieden ist.

Nachstehend folgen die von mir abgeleiteten Werthe des Umfahrungsfehlers für:

Linearplanimeter

$$(f = 10 \text{ cm}^2) dF = 0.00081 f + 0.00087 \sqrt{Ff}$$

Polarplanimeter

$$(f = 50 \text{ bis } 100 \text{ cm}^2) 0.00126 f + 0.00022 \sqrt{Ff}$$

Präcisionsplanimeter mit Schlitten

$$(f = 10 \text{ bis } 50 \text{ cm}^2) 0.00069 f + 0.00018 \sqrt{Ff}$$

Freischwebendes Planimeter

$$(f = 4 \text{ bis } 20 \text{ cm}^2) 0.00060 f + 0.00026 \sqrt{Ff}$$

Einfaches Präcisionsplanimeter

$$(f = 4 \text{ bis } 10 \text{ cm}^2) 0.00056 f + 0.00084 \sqrt{Ff}$$

Aus der Vergleichung mit den für die anderen Planimeter abgeleiteten Werthe ergibt sich, dass das Rollplanimeter in allen Fahrarm-Einstellungen bedeutend genauer ist, als das gewöhnliche Polarplanimeter, dass es auch das Linearplanimeter in seiner gegenwärtigen Ausführung an Genauigkeit übertrifft und dass es die Genauigkeit der bisherigen genauesten Construction des „freischwebenden Planimeters“ von Hohmann und Coradi erreicht.

Um auch zu untersuchen, welchen Einfluss die Planunterlage auf die Resultate äussert, wurde ein und dieselbe Fläche (Kreis mit dem Control-Lineale 10 cm Halbmesser) auf verschiedenen Unterlagen mit dem grösseren Rollplanimeter umfahren und sind die Ergebnisse dieser Versuche nachstehend angegeben. Die Fläche wurde auf jeder

*) Schell: Ueber die Bestimmung der Constanten des Polarplanimeters. Sitzungsberichte d. k. Ak. d. W. 1867.

Lorber: Ein Beitrag zur Justirung des Polarplanimeters. Zeitschrift für Vermessungswesen 1883.

Lorber: Ueber die Genauigkeit der Planimeter. Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1883.

Unterlage zehnmal in jeder Richtung (\rightarrow und \leftarrow) umzogen und stellen daher die folgenden Werthe von n die Mittel aus 20 Umfahrungen vor:

Aufgespanntes Whatmanpapier . . .	$n = 31.419$	$F = 314.19$
„ Maschinenpapier . . .	31.424	314.24
Lose aufgelegtes Maschinenpapier . . .	31.406	314.06
„ „ Pauspapier . . .	31.405	314.05
Lose aufgelegte Pausleinwand . . .	31.427	314.27
Holz	31.425	314.25

Die Flächen sind hierbei mit $f = 10 \text{ cm}^2$ gerechnet worden; würde man umgekehrt aus der bekannten Fläche 314.16 cm^2 den Werth der Rollenumdrehung ableiten, so erhielte man der Reihe nach:

$$f = 9.999, 9.997, 10.003, 10.004, 9.997 \text{ und } 9.997 \text{ cm}^2.$$

Diese Daten beweisen zur Genüge, dass die Planunterlage nur einen sehr geringen Einfluss auf das Resultat ausübt, so dass mit einem auf einer Unterlage gefundenen Werthe von f auch auf anderen Papiersorten gezeichnete Flächen ermittelt werden könnten; indessen wird man doch nur in seltenen Fällen hievon Gebrauch machen und es meistens vorziehen, auf jeder Unterlage eine besondere Justirung vorzunehmen, zumal dann, wenn durch die Anzahl der zu messenden Flächen der damit verbundene, übrigens nicht bedeutende, Zeitaufwand gelohnt wird.

Alles Frühere zusammengefasst, kann also mit Rücksicht auf die grosse Genauigkeit, auf die bequeme Handhabung und auf die dem Rollplanimeter speciell eigenthümliche Einrichtung, wonach die zu messenden Flächen, wenn sie nur in der einen Richtung die zulässige Ausdehnung nicht überschreiten, von unbeschränkter Grösse sein können, der Schluss gezogen werden, dass das besprochene Instrument sich ebenso vorzüglich zur Messung von kleinen wie von grossen Flächen, also insbesondere zur Bestimmung der Flächenmassen (Flächenpartien) eignet und dass Herr Coradi abermals ein Instrument in die geodätische Praxis eingeführt hat, welches mit Recht die vielseitigste Anwendung beanspruchen darf und hoffentlich auch finden wird, zumal auch der Preis der Instrumente (120 bis 150 Frcs.) als verhältnissmässig niedrig bezeichnet werden muss.

Die Gesamt-Baukosten des k. k. Justiz-Palastes in Wien.

Veranlasst durch eine vorgekommene Anfrage, wurde auf Grundlage des nunmehr beendeten Rechnungs-, Revisions- und Collaudierungsactes eine tabellarische Uebersicht der factischen Baukosten des Justizpalastes verfasst, deren Kenntniss weiteren technischen Kreisen als werthvolles Material zu approximativen Voranschlägen erwünscht sein dürfte.

Der geprüfte und genehmigte Voranschlag der eigentlichen Bauarbeiten betrug fl. 2,800.000 (rund) und alle sonstigen Auslagen an Vorarbeiten, Honoraren, Möblirung etc. sollten ihre Bedeckung in der, inclusive obiger Kosten, präliminirten Gesamtkostensumme von ca. fl. 3,000.000 finden.

Die auf Grund dieses Voranschlages ausgeführten Bauarbeiten kosteten rund fl. 2,583.000.

Das gesammte Areale misst 9005 m^2 , wovon 7700 m^2 verbaut sind, ausserhalb des Gebäudes wurden zu Trottoiren, Vorgärten und Rampen 3562 m^2 verwendet. Es stellt sich somit der Quadratmeter verbauter Area auf fl. 335.4 (d. i. inclusive der Trottoire, Rampen und Vorgärten, ohne dieselben auf fl. 326.4). Nach dem Kubikinhalte des Gebäudes gerechnet,

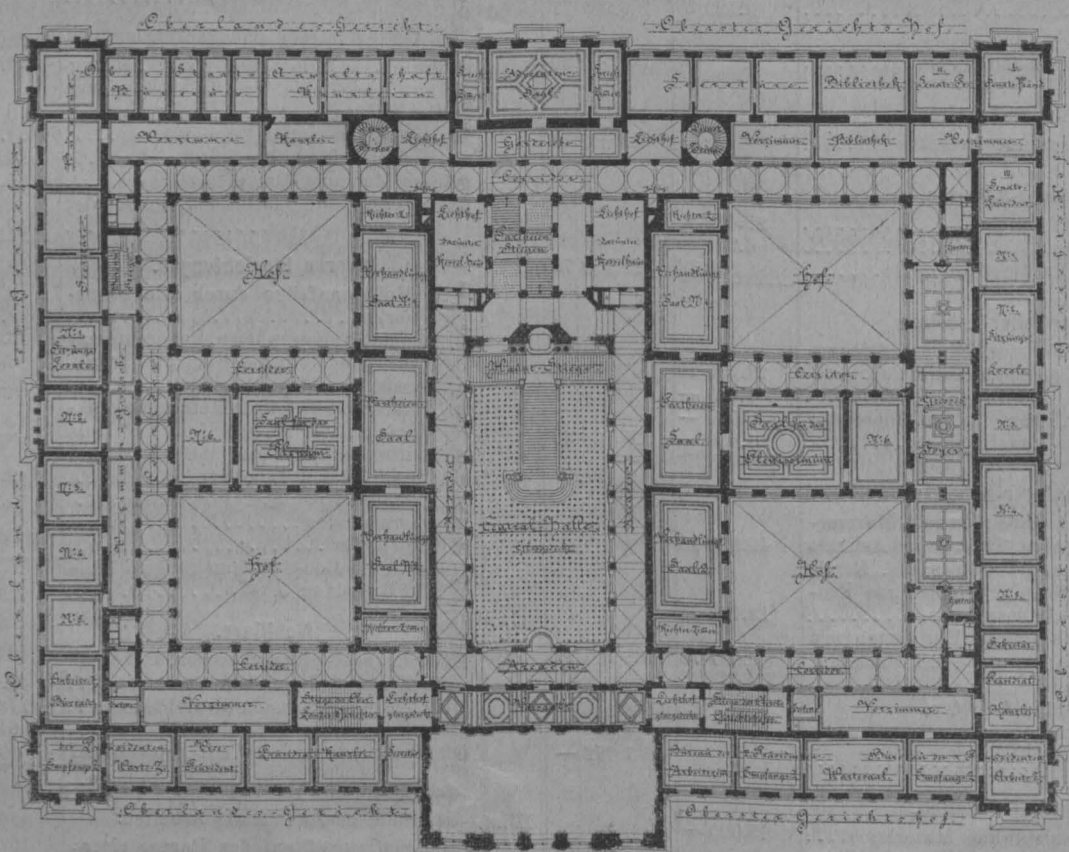
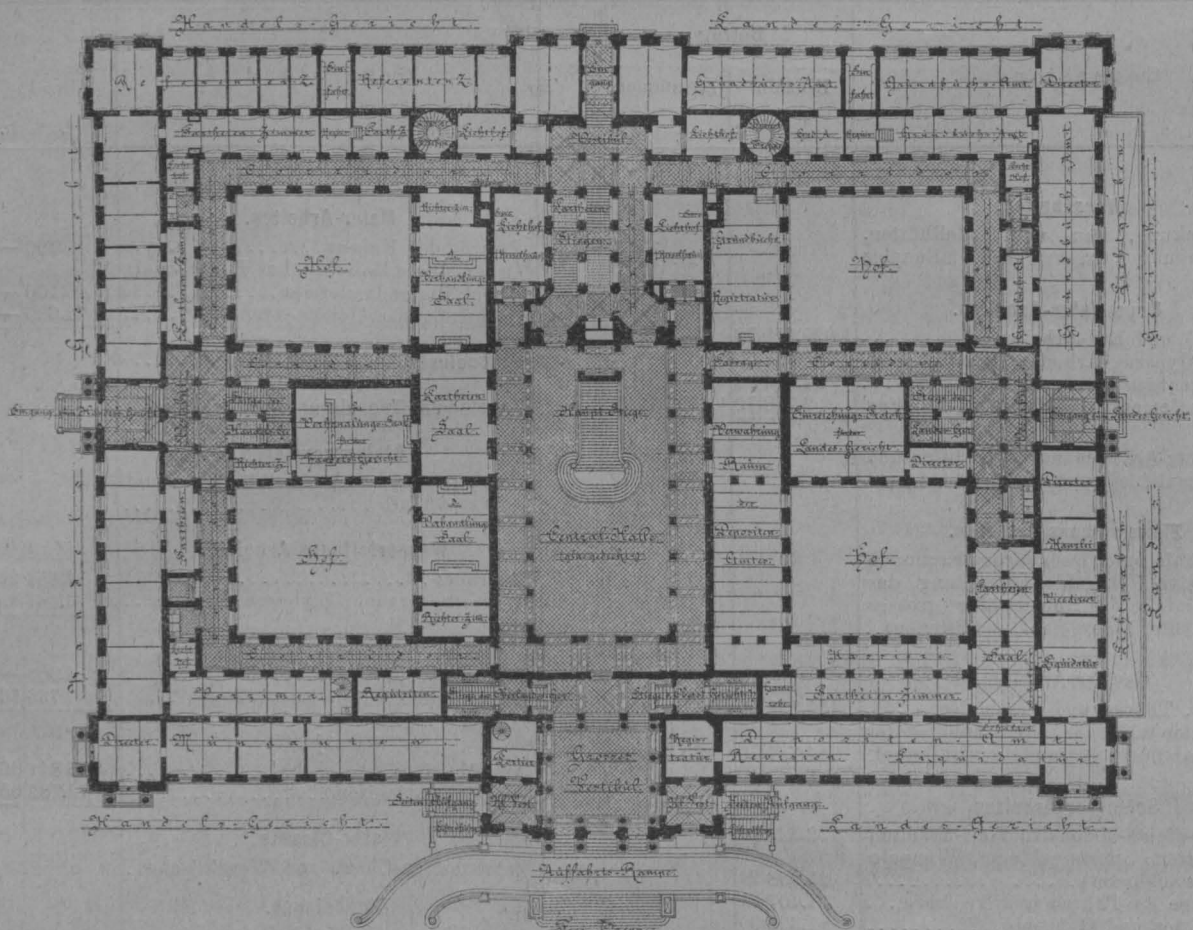
ergibt sich pro Kubikmeter an Kosten fl. 12.8. Die Kosten der Trottoire etc. stellen sich auf fl. 19.2 pro Quadratmeter.

Zu bemerken ist noch, dass der Justizpalast bis auf die künstlerische Ausstattung des grossen Saales mit Frescomalereien und zwei Skulpturwerken an der Vorfahrt beim Hauptportale vollkommen vollendet wurde, welche Herstellungen mit ca. fl. 60.000 in der beifolgenden Tabelle sub XXVII dem eigentlichen Bauconto, welches die Posten I—XIV umfasst, angeschlossen sind. Desgleichen sind demselben der Möblirungs-Conto sub XXV beigefügt, wodurch sich sowohl diese Ausgaben als auch die Bauleitungskosten als aus den Ersparnissen von der Voranschlagssumme gedeckt ergeben — obwohl diese Posten ursprünglich nicht mit veranschlagt waren und ihrer Natur nach auch nicht in das Conto des eigentlichen Bauaufwandes gehören. Jedenfalls ist dieses Resultat der Bauführung ein höchst zufriedenstellendes und ist angesichts desselben wohl gestattet, die Hoffnung auszusprechen, dass nunmehr auch die noch fehlenden Ausstattungen mit Werken der bildenden Künste in Angriff genommen werden und dieselben nicht in's Unbe-

Nr.	Gegenstand	Betrag				Nr.	Gegenstand	Betrag			
		Einzel		Zusammen				Einzel		Zusammen	
		fl.	kr.	fl.	kr.			fl.	kr.	fl.	kr.
I.	Vorarbeiten. Einplankung, Bau- und Modellhütten, Umlegung d. Ottakringerbach-Canales			22.572	65	XIV.	Maler-Arbeiten. Porträt des Kaisers..... Ornamentale Malerei (ohne Funct.-Saal) und Plafondmalereien..... Färbelung der Hof-Façaden	1.400 46.100 4.630	— — —	52.130	—
II.	Baumelster-Arbeiten. Maurer- und Erd-Arbeiten Hiezu Gypszug-Arbeiten (Plafonds und Stiegenhäuser) Diverse Cement- u. Cementputz-Arbeiten	1.029.520	79	27.502	24	XV.	Stuccolustro und Stuck-Marmor.....			9.700	63
		2.728	70	1.059.751	73	XVI.	Tapeten und Tapezierung, Papier-Tapeten			10.014	21
III.	Steinmetz-Arbelten inclusive Säulen und Material-Lieferung für die Statuen..			437.293	72	XVII.	Steinzeugwaaren. Caminaufsätze, Abortschläuche und Wasserläufe			8.017	65
IV.	Zimmermanns-Arbelten. Dachstühle und Deckenconstructionen inclusive Hohlkehlenherstellung der Plafonds u. der Holzgewölbe (grosses Vestibule, Funct.-Saal und Stiegen)..			62.480	34	XVIII.	Wasserleitungs-Arbelten. Rohrnetz Wasserverbrauch, Einleitung, Taxen ..	14.654 3.461	23 83	18.116	06
V.	Tischler-Arbelten. Fenster, Thüren und Fussböden Holzplafonds, Lambris, fixes Mobiliar der Verhandlungssäle und der Bibliothek	134.896	50	54.737	70	XIX.	Gasleitungs-Arbelten. Rohrnetz Gasverbrauch, Einleitung, Taxen	6.300 736	— 16	7.036	16
VI.	Schlosser-Arbelten. Eisengewichts- u. Constructions-Arbeiten Eisengitter, Stiegeengeländer, Wimpeln (Kunstschlosser) Beschläge an Thüren und Fenstern... Drahtgitter und Geflechte..... Blitzableitung (ohne Kunstschlosser- Arbeiten)	122.323 25.938 34.407 1.323	71 94 81 95	189.634	20	XX.	Gasobjecte. Aus Messing Aus Schmiedeeisen	5.841 12.782	86 05	18.623	91
VII.	Schleiferdecker-Arbelten			25.827	20	XXI.	Water-Closets. Zahnstangen-Closet und Waschtische..			6.057	—
VIII.	Spängler-Arbelten. Glatte und decorirte Arbeiten			43.831	18	XXII.	Ofenheizung. Durch Thon- (Kachel-) Oefen, eiserne Füllöfen und Kochherde			8.837	10
IX.	Glaser-Arbelten. Fenster und Oberlichte Zier-Oberlichte..... Glasglocken für die Gasobjecte.....	22.412 5.951 889	80 68 30	29.253	78	XXIII.	Centralheizung und Ventilation. Rohrnetz für Dampf- und Wasserheizung Hähne, Heiz- und Ventilationsklappen, Calorifères	56.190 38.727	86 91	174.798	24
X.	Anstreicher-Arbelten der Thüren, Fenster, Gitter, Stiegen- geländer, Eisenconstructions	21.130	20	25.733	20	XXIV.	Diverse Einrichtungen. 1. 2 Kohlenaufzüge durch alle Stock- werke	1.484	—	20.037	82
	Vergoldungen und Broncirungen..... der Heizgitter, Thürschutz- u. Thorgitter der Gasobjecte von Eisen	1.103 2.500 1.000	— — —				2. Zimmer-Telegraphen u. Feuerautomat 3. Hydropneumatische Central-Uhren.. 4. Fensterplachen..... 5. Aufschrifts-Tafeln in Metall und Zink- guss sammt Aufschriften auf Holz 6. Laufteppiche aus Cocosmatten, Manilla und Linoleum	3.336 6.312 3.032 3.235 2.357	87 97 24 22 95		
XI.	Pflasterer-Arbelten. Im Innern des Gebäudes mit Marmor- platten, Terrazzo, Klinker und Asphalt Aussen: Asphalt-Trottoirs incl. Rand- steine aus Granit, jedoch ohne Erd- und Maurer-Arbeiten..... Höfe mit Basaltklinker, Einfahrten mit Granit, Auffahrtsrampe mit Macadam	49.333 12.174 6.687	43 06 78	68.195	27		7. Fussabstreifer aus Gusseisen..... 8. Thermometer	136 111	12 95		
XX.	Garten-Arbelten. Für die Vorgärten, Erde und Entlohnung des Gärtners			1.092	—		9. Thürpuffer	30	—	2.582.514	06
XXI.	Bildhauer-Arbelten. Figurale in Stein (ohne Materiale).... Ornamentale in Stein, Cement, Gyps und Modelle	15.000 82.364	— 35	97.364	35	XXV.	Mobiliare. Einrichtung der Registraturen, d. Grund- buches und Depositen-Amtes etc. ... Mobiliar des Obersten Gerichtshofes ... Möbel-Tapezierung und Vorhänge ... Ofenschirme aus Eisen mit Teppichstoff Summe..	44.191 17.992 6.810 928	30 25 27 —	69.921	82
XXII.				2.249.145	78	XXVI.	Noch herzustellende Arbeiten. Zwei Sculpturen auf der Rampe circa. Frescomalerei im grossen Saal	15.000 45.000	— —	60.000	—
XXIII.							Summe Gulden ö. W...			2.712.435	88

stimmt vertagt bleiben sollen. Zu den einzelnen Posten der vorstehenden Uebersichts-Tabelle wären noch einige Erläuterungen

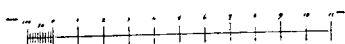
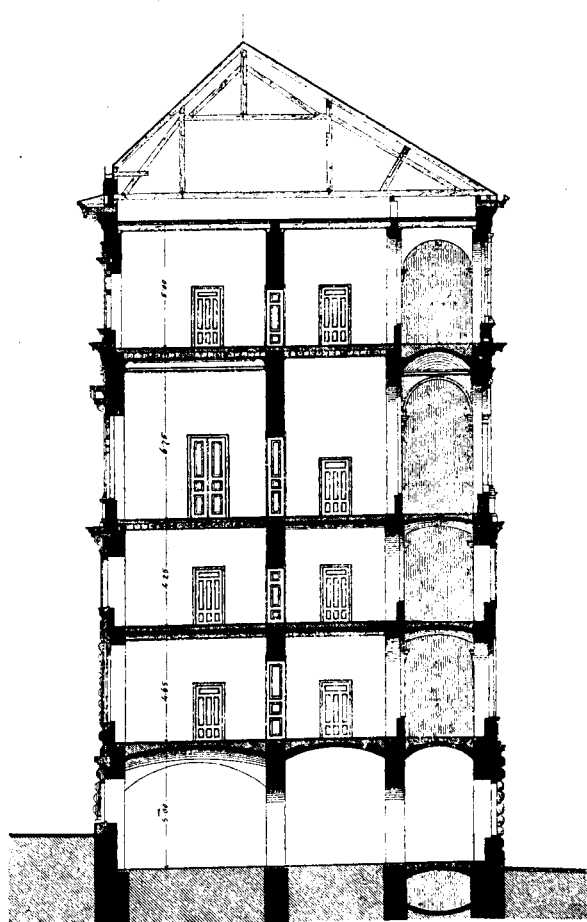
Die Thonofenheizung, Post XXII, umfasst ca. 18.960 m³ Luft-raum, somit ergibt sich pro 100 m³ Luftraum ein Aufwand von



zu geben, und zwar insbesondere über die Heizung und Ventilations-Einrichtung.

fl. 46:5. Mit Calorifären, System Kelling, werden die Central-halle, die Corridore, Stiegenhäuser und Vestibule von zusammen

38.570 m³ geheizt. Mit Dampf-Calorifären werden die Verhandlungs- und Parteiensäle von zusammen 11.680 m³ Luftraum in gesonderten Heizkammern in Verbindung mit der Pulsions-Ventilation geheizt.



Mit Dampfschlangen werden die Archive im Souterrain von zusammen 10.780 m³ und mit Wasseröfen durch Dampfbetrieb in Verbindung mit der Pulsions-Ventilation werden die grossen Amtlocale, Sitzungs- und Bureauzimmer von zusammen 31.660 m³ geheizt.

Es versieht somit die Centralheizung rund 111.650 m³ Luftraum und stellen sich die Kosten der Anlage pro 100 m³ Luftraum auf fl. 169.70 (ohne Maurerarbeiten und decorative Ausstattung).

Zur Ventilation dienen zwei Ventilatoren (Bläser) mit Spferdiger Dampfmaschine, welche während der Wintermonate nur schwach benützt, während der Hitzeperiode des letzten Sommers, durch Temperirung der Zimmerluft, ganz befriedigend functionirten.

Zur Erläuterung mag noch dienen, dass sämtliches Mauerwerk in hydraulischem Kalkmörtel hergestellt wurde; das Souterrain ist auf Gurten, das Parterre auf Traversen eingewölbt, während die oberen Stockwerksdecken mittelst Dippelbäumen zwischen Traversen, das letzte Geschoss aber mit schweren Dippelbäumen auf Rasten überdeckt ist.

Die Stockwerkshöhen und Tractiefen sind aus dem beigegebenen Profile der Hauptfronte ersichtlich. Das Souterrain ist bis zur Parterrefussbodenhöhe mit Osloperstein (aus dem Leithagebirge, in Härte gleich dem Wöllersdorferstein) hergestellt, resp. verkleidet, von da ab ist zur Façadeverkleidung Margarethenstein angewendet worden. Aus demselben sind auch die Fenstergewände und Verdachungen der oberen Stockwerke, deren Mauerflächen einen rau gehaltenen Verputz (Steinbrücker Cementkalk) erhalten haben. Die Thorpfeiler sind aus Wöllersdorferstein, die freistehenden Säulen Karstmarmor, die ornamentirten Stühle derselben Arcosteine. Die Gesimse sind sämtlich in Stein, constructiv und massiv an den Ecken, die Consolen der Zwischentheile jedoch sind aus Stein-Imitation hergestellt.

Die Dachconstructionen sind durchwegs aus Holz hergestellt, mit Ausnahme der beiden Eckpavillons, der Hauptfaçade, für welche eine Eisenconstruction bewilligt worden ist. Die Dächer sind mit Schiefer in Dessin gedeckt. Ausserdem ist, wie selbstverständlich, die Centralhalle als glasgedeckter Arcadenhof mit einer Eisenconstruction überdeckt.

Besondere Schwierigkeiten der Fundirung ergaben sich nur durch das Vorhandensein eines aufgelassenen Unrathcanales von grösseren Dimensionen und eines noch functionirenden Ueberfallcanales (von der Lerchenfelderstrasse, Ottakringerbach-Ringstrasse), welcher umgelegt werden musste — sonst war das Terrain schon in geringeren Tiefen tragfähiger compacter Lehm oder, wenn dieser wahrscheinlich durch ehemalige Ziegelwerke abgegraben war, tragfähiger Schotter. Keinerlei historische Funde wurden gemacht.

Ueber Herstellung eiserner Brücken. *)

Von **Franz Rautschka**, Constructeur der Lehrkanzel für Brückenbau an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Vor vier Decennien, zur Zeit des Baues der ersten schmiedeisernen Balkenbrücken, war die Theorie derselben noch unentwickelt, die Construction und Anarbeitung auch eine dementsprechend unvollkommene.

Letzteres war mit dem kurzen Bestande leistungsfähiger Walzhütten und der ersten Verwendung des Walzeisens als Constructionsmaterial umso erklärlicher, als einerseits auf dem Wege des Experimentes und durch die Entwicklung der Theorie das Verhalten solcher Constructionen und die Anforderungen an dieselben erst klargelegt, andererseits die Einrichtungen und Werkzeuge zur Herstellung von Brücken erst geschaffen werden mussten.

*) Das Material zu vorliegendem Aufsätze sammelte der Verfasser theils in seiner früheren Praxis, sowie gelegentlich einer Studienreise, an Ort und Stelle, in folgenden allgemein bekannten österreichisch-ungarischen und deutschen Brückenbau-Werkstätten: Witkowitz, Karlshütte, Zöptau, Kladno, Andritz-Graz, Pest, Gustavsburg bei Mainz, Ludwigshafen, Cannstatt-Esslingen.

Der Mangel an stabilen Brückenbau-Werkstätten und zweckentsprechenden Einrichtungen derselben brachte es auch mit sich, dass man selbst zur späteren Zeit, wo man daran ging, Brücken von grossen Spannweiten nach den verschiedenen Systemen zu bauen, noch meist darauf angewiesen war, dieselben an Ort und Stelle, d. i. am Bauplatze, in provisorischen und unvollkommenen Anlagen anzuarbeiten.

Dadurch wanderte die Werkstätte oft von einer Baustelle zur anderen. Wenn heute noch eine Brückenbau-Werkstätte in der Nähe einer grossen Brücke aus früherer Zeit zu finden ist, so mag dies hierin seine Erklärung haben.

Als Beispiel dafür kann die Brückenbau-Werkstätte der süddeutschen Brückenbau-Aktiengesellschaft gelten, welche in Gustavsburg bei Mainz, nahe der Eisenbahn-Rheinbrücke, gelegentlich des Baues derselben errichtet wurde und daselbst später als definitive Werkstätte fortbestehen blieb.

Entsprechend den Fortschritten im Brückenbau, des Maschinenbaues und der Eisenindustrie wurden die Werkstätten stabilisirt und immer vollkommener mit Arbeitsmaschinen ausgerüstet.

So entwickelten sich viele der gegenwärtig bestehenden Brückenbau-Anstalten und wenn auch an manchem Orte noch allzusehr an traditionellen Ueberlieferungen festgehalten wird, so lässt sich dennoch ein bedeutender Fortschritt und das Streben nach grösserer Vollkommenheit in den Arbeitsmethoden nicht verkennen. Die Erkenntniss, dass auf die Güte einer Brückenconstruction nicht nur die Berechnung und constructive Durchführung, sondern auch die Anarbeitung einen wesentlichen Einfluss nimmt, förderte lebhaft diese Entwicklung. Eine ungleich sorgfältige Berücksichtigung dieser drei Factoren macht die Werthbestimmung unserer Constructions illusorisch.

Die Wichtigkeit des Gegenstandes vorausgesetzt, wird mit Nachstehendem versucht, die Grundlagen und Hauptmomente der Ausführung eiserner Brücken im Werke einer allgemeinen und systematischen Besprechung zu unterziehen.

Allgemeine Grundlagen.

1. Die Vergebung von Eisenconstructions erfolgt entweder auf dem Wege einer öffentlichen allgemeinen Concurrenz, oder auch mit Umgehung derselben direct an eine Eisenconstructions-Werkstätte oder Brückenbau-Anstalt. Letztere übernimmt mit der übertragenen Ausführung die Verpflichtung der Erfüllung aller jener Bedingungen, welche dem Submissionsverfahren oder der directen Uebertragung zu Grunde gelegt waren.

Diese Bedingungen der Ausführung sind in den sogenannten Bedingnissheften niedergelegt. Dieselben haben alle auf die Qualität des Materials, Anarbeitung, Uebergabe, Gewicht, Montirung und Zahlung bezugnehmenden Punkte zu enthalten und bilden mit den generellen und detaillirten Zeichnungen des betreffenden Objectes einen integrierenden Bestandtheil jenes Vertrages, der zwischen Besteller und Unternehmer abgeschlossen wird und bei ordnungsmässigem Abschlusse sofort rechtskräftig ist.

Die erfolgte Bestellung wird in den Geschäftsbüchern vorgemerkt.

2. Sind detaillirte Constructions-Zeichnungen vorhanden, so wird auf Grund derselben sofort zu den später zu beschreibenden Arbeiten geschritten. Ist dies aber nicht der Fall, so muss zunächst auf Grund eines vorhandenen generellen Planes eine genaue statische Berechnung und die Anfertigung der Constructions-, resp. Arbeits-Zeichnungen vorgenommen werden. Diese Pläne, im Maassstabe 1:15 oder 1:20, müssen mit besonderer Gewissenhaftigkeit und mit möglichster Berücksichtigung der Arbeiten in der Werkstätte angefertigt werden. Details in Naturgrösse werden nur in seltenen Fällen nothwendig werden. Die Arbeitspläne haben alle jene Daten zu enthalten, welche es dem Arbeiter ermöglichen, ohne viele Fragen und Zeitverlust die Arbeit auszuführen und dürfen daher keinen Anlass zu Missverständnissen oder Fehlern geben.

Auf denselben muss die Bearbeitung einzelner Stücke, wie: Kröpfen, Biegungen nach einem Radius oder unter

stumpfen Winkel, Hobeln von Flächen, kurz alles auf die Ausführung Bezugnehmende genau verzeichnet sein. Die specielle Bearbeitung der Constructionstheile kann auch durch Stück- oder Arbeitslisten näher präcisirt werden.

Dieselben enthalten alle von der Werkstätte bis zu einem bestimmten Termine zu leistenden Arbeiten.

Arbeitsliste

für Comm.-Nr.

Besteller:

Gegenstand:

Nummern der Zeichnung:

Anzahl Blätter

bestellt am

abzuliefern am

abgeliefert am

Chiffre der Zeichnung	Stückzahl	Gegenstand	Gewicht		Anmerkung
			roh	bearb.	

Ebenso muss die Niettheilung und der Durchmesser der Nieten auf den Plänen genau ersichtlich sein.

Für diese sogenannten Nietschemas sind in den verschiedenen Werken auch verschiedene Bezeichnungen üblich. Es ist nicht nothwendig, dass die Bezeichnung eine feststehende ist, sondern sie kann bei den einzelnen Objecten eine verschiedene sein, wenn selbe nur auf den Plänen deutlich bemerkt ist.

Als Beispiel eines solchen Nietschemas diene Nachstehendes:

⊕ 26 $\frac{m}{m}$ ⊖ 24 $\frac{m}{m}$ ⊙ 22 $\frac{m}{m}$ ○ 20 $\frac{m}{m}$ ● 18 $\frac{m}{m}$ ● 16 $\frac{m}{m}$ Durchmesser

○ (Verseukte Nieten)
concentrischer Kreis
in schwarzer Farbe

○ (auf Montage zu schlagen)
concentrischer Kreis
in rother Farbe.

⊗ Schrauben.

Es ist wünschenswerth und im Interesse einer einfachen Ausführung, die Anzahl der Nietsorten auf ein Minimum zu beschränken.

Nieten von kleinerem Durchmesser als 16 mm finden im Brückenbau nur mehr zu Nebenconstructions (Geländern) oder als Heftnieten Verwendung.

Nieten, welche erst bei der Montirung geschlagen, oder Löcher, welche erst am Bauplatze gebohrt werden sollen, können auf den Plänen ebenfalls besonders charakterisirt sein. Da dies aber immer mit der speciellen Construction, mit der Stossvertheilung, sowie mit dem Versandt zusammenhängt, so wird eine diesbezügliche Bezeichnung nur in speciellen Fällen geübt werden können.

In anderen Fällen ergeben sich die auf dem Bauplatze zu schlagenden Nieten durch die Construction entweder von selbst, oder es wird während der Anarbeitung über die Vernietung der Constructionstheile das Nöthige verfügt.

Das Bearbeiten von Flächen, wie: Hobeln, Drehen, wird durch eine scharfe rothe Umfassung der betreffenden Fläche des Arbeitsstückes markirt.

3. Auf Grund der ausgearbeiteten Constructionspläne erfolgt die Gewichtsberechnung, sowie die Materialbestellung.

Gewichtsberechnung.

Post-Nr.	Stückzahl	Gegenstand	Dimensionen		Gesamtlänge	Einheitl. Gewicht	Gesamtwicht	Zusammen
			Querschnitt	Länge				
			Millimeter	Meter	Meter	Kilogr.	Kilogramm	

Die genaue Gewichtsberechnung wird zwar in vielen Fällen, gleichzeitig mit den Detailplänen, vorhanden sein.

Bei den einem Verträge zu Grunde liegenden generellen Zeichnungen und nachträglicher Detailirung derselben ist aber meist nur die Gesamtsumme des Gewichtes bekannt und es muss daher mit der Ausarbeitung der Detailpläne eine Gewichtsberechnung deshalb vorgenommen werden, um die Uebereinstimmung des angenommenen Gewichtes mit dem wirklichen zu controliren. In solchen Fällen muss eine Toleranz im Gewichte von $\pm 3\%$ gestattet werden, weil das genaue Gewicht auf Grund genereller Pläne schwer zu ermitteln ist.

Die Gewichtsberechnung soll so durchgeführt sein, dass das Gewicht der Tragwände, Fahrbahn, Absteifungen, Windstreben etc. deutlich in den Ansätzen getrennt erscheint. Dies hat den Vortheil, bei späteren Projecten gute Grundlagen der Gewichtsbestimmungen für theoretische Berechnungen und für Kostenüberschläge zu erhalten.

„Materialbestellbuch“ eingetragen, welches sowohl im Bureau als in der Werkstätte aufliegt und dort dem Werkmeister und Werkstättenbeamten zur Benützung und Orientirung übergeben ist.

Nebstehend geben wir einige in der Praxis angewendete Schemas, aus welchen Alles zu ersehen ist.

Auch in dem Falle, wo Brückenbau-Anstalten mit Walzwerken in inniger Verbindung sind und einen Besitz bilden, führen dieselben in ihrem internen Geschäftsverkehr jedes auszuführende Object unter einer Commissions-Nummer.

Die Commissions-Nummer ist auf den Materialauszügen vermerkt und Stücke von gleichen Dimensionen können unter derselben Positions-Nummer erscheinen, da deren Vertauschung vor der Bearbeitung ohne Nachtheil ist. Es können Brücken mit mehreren gleichen Oeffnungen, sowie eine Reihe in einer Strassen- oder Bahnstrecke gelegene Brücken, die gleichzeitig von demselben Besteller zur Be-

Materialbestellbuch (Materialliste).

Unterscheidungs- Zeichen	Stückzahl	Benennung des Eisens	Maasse des Eisens zur Anlieferung			Gewicht		Totalgewicht in	Eingang
			Länge	Breite	Dicke	der Maass- einheit	eines Stückes		
			Meter	Millimeter				Kilogramm	

Gewichte in Kilogramm.

Materialliste.

Maasse in Millimeter.

Positions-Chiffre und Nr.	Stückzahl	Benennung des Gegenstandes	A. Maasse für die Eisen- bestellung			B. Maasse für die genaue geometrische Form			Gewicht der Maass- einheit	Gewicht der Position	F o r m des Gegenstandes	Bemerkungen
			Länge	Breite	Dicke	Länge	Breite	Dicke				
Auf jedes einzelne Stück ist die betreffende Bestell- und Positions-Nummer nebst den Länge-, Breite- und Dickemaassen aufzumalen.												

Für das Gewicht der Nietköpfe kann bei Blechbrücken 3—4%, bei Gitterbrücken 2—3% des Gewichtes der verwendeten Construction angesetzt werden.

Die „Materialauszüge“ werden zum Zwecke der Bestellung des Materials sowohl für die Verbindungsstücke als für die Verbindungsmittel aufgestellt und in ein eigenes

stellung kommen, unter derselben Commissions-Nummer in die Bücher eingeführt werden.

Eine engere Unterscheidung ist erst nach der Bearbeitung nothwendig, wo alle zu einer Construction gehörigen Theile entweder farbige Marken oder die Kilometer-Zahl aufgeschrieben erhalten.

Statt der Commissions-Nummer kann auch eine Buchstabenbezeichnung, oder Beides vereint, nämlich Nummer und Buchstaben, zur Anwendung kommen.

Das Walzwerk hat die Verpflichtung zu übernehmen, alle in den Materiallisten angeführten Bezeichnungen auf die einzelnen Stücke aufzumalen, u. zw. Commissions-Nummer, die Querschnitts- und Längendimensionen.

Dies geschieht aus dem Grunde, um das Auffinden der zu einer Commission gehörigen Theile später in der Werkstätte oder am Materiallagerplatze zu erleichtern. Bei der Bestellung des Materials wird auch zugleich das Nöthige über dessen Qualität und über den Liefertermin vereinbart.

Werden die Constructionstheile von der Walzhütte an die Brückenbau-Anstalt abgeliefert, so wird der Sendung ein Lieferverzeichniss beigelegt, welches alle abgelieferten Stücke mit ihren Querschnitts- und Längendimensionen, sowie mit dem Gewichte derselben enthält.

Diese Liste wird mit der Bestellliste auf ihre Uebereinstimmung geprüft und sodann das eingegangene Material nach vorhergegangener Besichtigungsprobe im Materialbestellbuche notirt. (Rubrik „Eingang“.)

Die Besichtigungscontrole erstreckt sich auf die Constaturirung der richtigen Querschnitts- und Längendimensionen beziehungsweise der damit zusammenhängenden Gewichte, auf das Aussehen und die Beschaffenheit des Materials.

Es dürfen keine Blasen oder Beulen, eingewalzte Schlacken, Schiefer, kurz keine Walzfehler in den Stücken vorkommen. Die Profile müssen rein sein. Bei den Gewichten ist eine Toleranz von $\pm 1\frac{1}{2}\%$ gegenüber den Rechnungsgewichten zu gestatten.

Alle nicht ordnungsmässig befundenen Stücke sind als unannehmbar dem Walzwerke zur Verfügung zu stellen, welches dafür den Ersatz durch fehlerfreie Stücke zu leisten hat.

Wenn so das Material zu einer Brücke in der Werkstätte eingelangt ist, kann zur weiteren Behandlung und Anarbeitung desselben geschritten werden.

4. Bevor auf die speciellen Arbeiten eingegangen wird, seien früher noch die allgemeinen Anforderungen, die an die Anlagen und Einrichtungen der Werkstätten zu stellen sind, in Kürze erwähnt.

Die Arbeiten sollen durchwegs in gedeckten Räumen vorgenommen werden, welche zweckmässig angeordnet, Luft und Licht in erforderlichem Maasse besitzen, um darin das Arbeiten zu jeder Zeit zu ermöglichen und von den Witterungsverhältnissen vollkommen unabhängig zu sein.

Es müssen ferner die Einrichtungen derart sein, dass hinreichend viele, nach den besten Principien construirte Arbeitsmaschinen vorhanden sind, um jederzeit den Anforderungen sowohl in Bezug auf Quantität als Qualität der Arbeit genügen zu können.

Die Situierung aller Arbeitsplätze und der Maschinen muss eine solche sein, dass die Arbeiten mit dem kleinsten Zeitaufwand aufeinander folgen und hergestellt werden können. Dazu ist nothwendig, dass der Transport der Arbeitsstücke zu den einzelnen Plätzen und Maschinen leicht und sicher und auf dem kürzesten Wege erfolgt.

Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit der Anlage von Schmalspur- oder Normalspurbahnen im Werke. Es muss die Werkstätte in ihrer räumlichen Ausdehnung so angelegt sein, dass Brücken mit den grössten vorkommenden Spannweiten darinnen angearbeitet werden können.

Es wird in dieser Beziehung die Breite der Werkstätte eine grössere Bedeutung haben als die Länge, da die letztere im Bedarfsfalle meist leicht zu vergrössern sein wird.

Für die entsprechende Anlage von Hebezeugen muss ebenfalls vorgesorgt sein, sowie für die zweckmässige Anlage eines Verladeplatzes behufs der Versendung. Man wird daher immer die Anlage der Brückenbau-Werkstätten rationell in der Nähe von Bahnen treffen, um leicht eine Verbindung mit denselben herstellen zu können.

Zur Vermeidung von Unglücksfällen, Betriebsstörungen und Schäden bei den Maschinen müssen für die Arbeiter eigene Vorschriften ausgegeben und dieselben in jeder Werkstätte angeschlagen werden.

Bei den Hebezeugen wird, so zum Beispiel, auf denselben die Tragfähigkeit, bei den Transportwagen die Ladung, bei Maschinen die Leistung etc. anzugeben sein.

In der Vollkommenheit der Einrichtung einer Werkstätte liegt zum grössten Theile die Garantie einer guten Arbeit.

Bezüglich der speciellen Einrichtung, insbesondere der im Brückenbaue vorkommenden Bearbeitungsmaschinen, kann hier nur auf die specielle und allgemeine Literatur darüber hingewiesen werden.

Wir geben in den Figuren 1—6 Darstellungen über einige bestehende und durch ihre Leistungen bekannte Brückenbau-Anstalten. Aus denselben kann in Bezug auf Anlage und Einrichtung das Wesentlichste entnommen werden.

Die Arbeiten in der Werkstätte.

Die mit dem Constructionsmaterial vorzunehmenden Arbeiten sind nun folgende:

Reinigung des Materials.

Da das Material aus dem Walzwerke nicht vollständig rein anlangt und auch durch das Liegen im Freien den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt war, so muss dasselbe von den Verunreinigungen befreit werden.

Die Reinigung vom Roste, als der schädlichsten Verunreinigung, kann auf chemischem oder mechanischem Wege vorgenommen werden.

Der in einigen Anstalten hiefür gewählte Vorgang ist folgender:

Das Material wird zunächst in ein Bad von stark verdünnter Salzsäure gegeben und darinnen vom Abend bis zum Morgen, oder bei Tage in einem schärferen Bade, durch drei Stunden liegen gelassen.

Aus diesem Bade herausgenommen, wird das Material auf Scheuertischen mit Sand und Strohbürsten abgeschauert, wodurch der anhaftende Rost entfernt wird.

Als weitere Operation erfolgt das Eintauchen der Stücke in Kalkmilch, um die noch anhaftende Säure zu neutralisiren, worauf dann ein Bad von kochendem Wasser folgt. Das an der Oberfläche des Materials anhaftende

Fig. 1. Andritz. Grundriss 1:500.

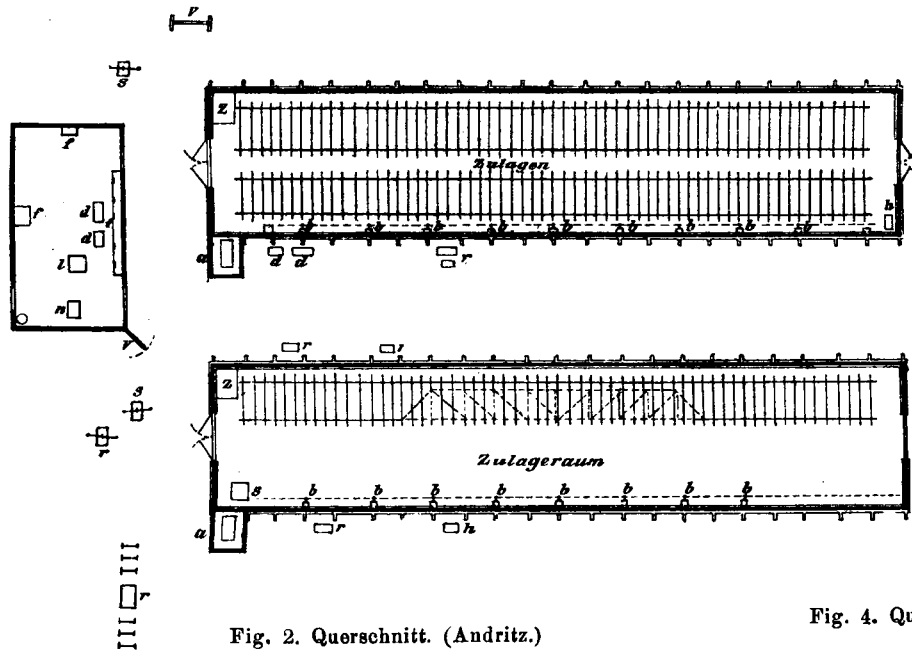


Fig. 2. Querschnitt. (Andritz.)

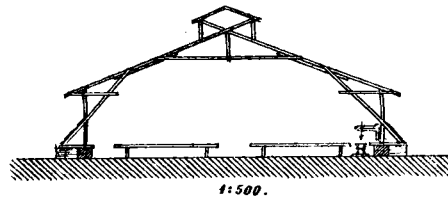


Fig. 4. Querschnitt. (Kladno.)

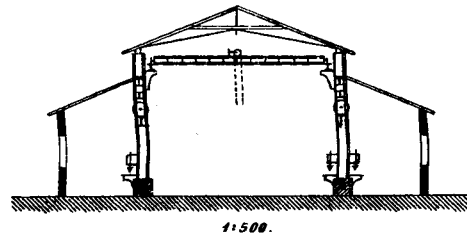


Fig. 5. Ludwigshafen. Grundriss.

Fig. 3. Kladno. Grundriss.

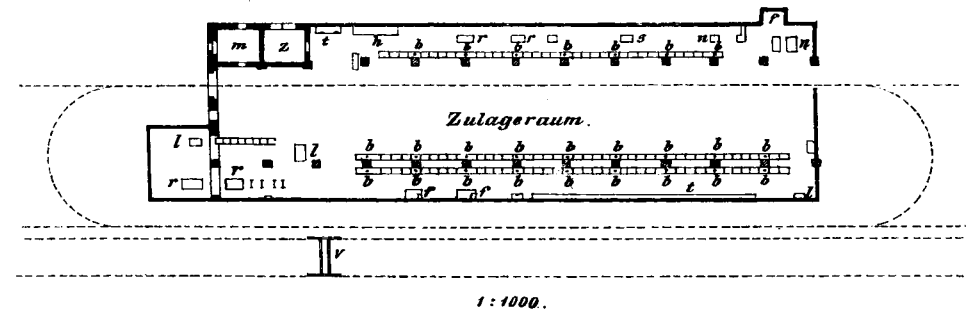
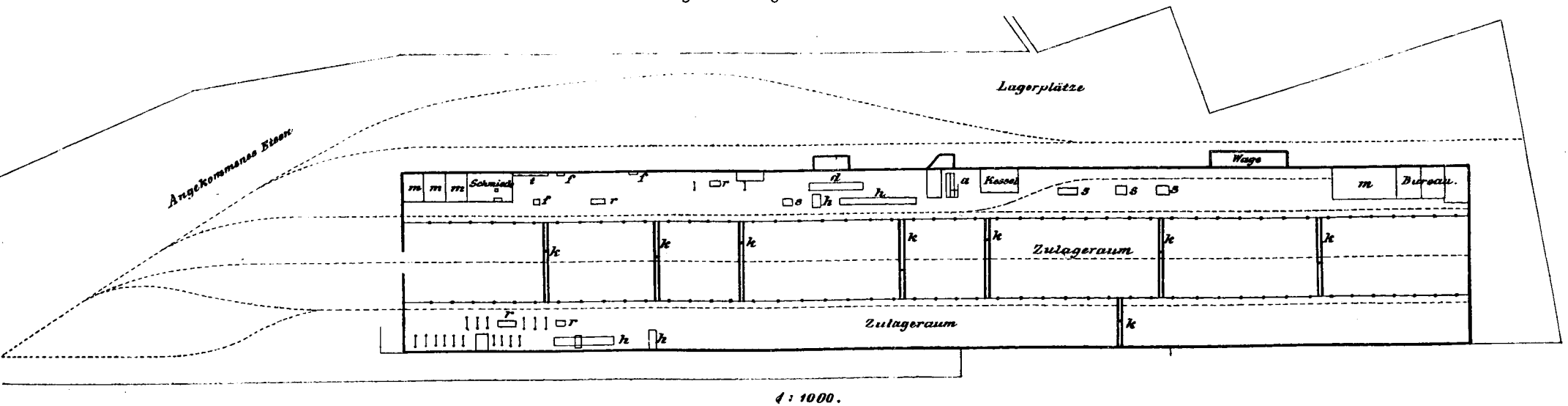
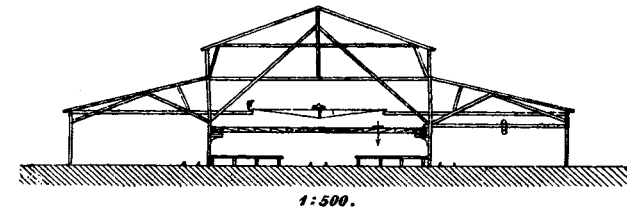


Fig. 6. Querschnitt. (Ludwigshafen.)



Zeichenerklärung: a) Antriebsmaschinen. b) Wand- und Radialbohrmaschinen. c) Drehbänke, Fraismaschinen. f) Feuerherde. h) Hobelmaschinen. k) Krahnbohrmaschinen. l) Lochmaschinen. m) Magazine. n) Nietmaschinen und Nietenpressen. r) Richtmaschinen. s) Scheeren und Sägen. t) Arbeitstische. v) Verladekrahne. z) Meisterzimmer.

Wasser verdunstet nach der Herausnahme desselben aus dem Bade, worauf die einzelnen Stücke mit Putzlappen abgerieben und sodann eingeölt*) werden. Dieses so behandelte Eisen zeigt sich lange widerstandsfähig gegen Rost, gewiss so lange, bis die Construction fertiggestellt und der Anstrich aufgebracht werden kann. Im Winter wird das Material, wenn es lange im Freien gelegen und mit Schnee oder Eis bedeckt ist, über einer Dampfleitung vorgewärmt.

Auch ist nothwendig, dass das eingebrachte Material die Temperatur der Werkstätte annimmt, in der die weitere Bearbeitung desselben erfolgt.

Der Einfluss grösserer Temperaturdifferenzen macht sich in einer die Genauigkeit der Arbeit störenden Weise geltend, weshalb diesem Punkte besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

An Stelle des chemischen Reinigungsprocesses, als des besseren, wird aber in den meisten Fällen nur eine Reinigung auf mechanischem Wege, nämlich durch Drahtbürsten, geübt.

Ob die Reinigung vom Roste vor oder nach der Bearbeitung, wie dies auch öfter geschieht, vorgenommen wird, ist nicht entscheidend, jedenfalls soll aber eine sorgfältige Reinigung vorgenommen werden, bevor der Anstrich (Grundierung) erfolgt.

Richten des Materials.

Das Material wird bereits in der Walzhütte, so gut dies daselbst geschehen kann, im heissen Zustande auf grossen gusseisernen Platten gerichtet, um gröbere Unebenheiten und Verbiegungen zu beseitigen. In der Werkstätte muss nun das Material im kalten Zustande vollständig von allen Unebenheiten befreit, oder wie man zu sagen pflegt, „nach der Schnur“ gerade gerichtet werden. Dies geschieht theilweise auf Maschinen und auf gusseisernen Platten.

Durch die Richtmaschinen können nur die grösseren Unebenheiten beseitigt, sowie das Material vom Zunder befreit werden. Kleinere Unebenheiten und namentlich Unregelmässigkeiten in den Kantenrichtungen werden durch Hämmern auf der Richtplatte beseitigt. Dazu sind geübte Arbeiter nothwendig.

Bleche und Flacheisen, welche sehr stark über die Hochkante verbogen sind, können durch Pressen gerade gerichtet werden, doch sollen im Allgemeinen solche Stücke dem Walzwerke zurückgestellt werden, da bei diesen Arbeiten Deformationen auftreten, welche die Festigkeit des Materials beeinträchtigen.

Dünne Bleche werden in mehreren Lagen übereinander durch die Richtmaschinen gezogen, da sie einzeln zu stark federn würden.

Die Maschine (Fig. 7) besteht der Hauptsache nach aus drei unteren Walzen (Treibwalzen) und zwei oberen vertical verstellbaren Walzen (Druckwalzen), durch die man den Druck auf die durchziehenden Bleche beliebig gross wählen kann, um die Unebenheiten zu entfernen.

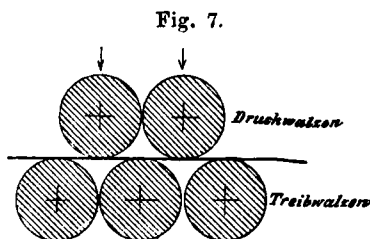


Fig. 7.

Die Richtplatte (Fig. 8) ist eine starke gusseiserne Platte, die in verschiedenen Grössen ausgeführt, auf eine Unterconstruction aus Holz gelagert wird, um die für das leichte Arbeiten entsprechende Höhe zu gewinnen.

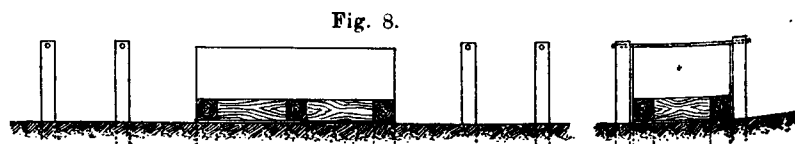


Fig. 8.

Die Bleche und Flacheisen kommen von der Richtmaschine, oder wo diese fehlt, direct auf die Richtplatten und werden dort durch Schläge mit schweren eisernen Zuschlagshämmern so lange bearbeitet, bis die Unebenheiten vollkommen entfernt und das Arbeitsstück den Kanten nach gerade ist. Die Schläge müssen mit Vorsicht von der Mitte der Bleche nach aussen geleitet werden, um jede ungleichmässige Spannung innerhalb der Blechtafel aufzuheben. In Fig. 9 ist durch die Punktirung die Bearbeitung eines Bleches dargestellt.

Fig. 9.



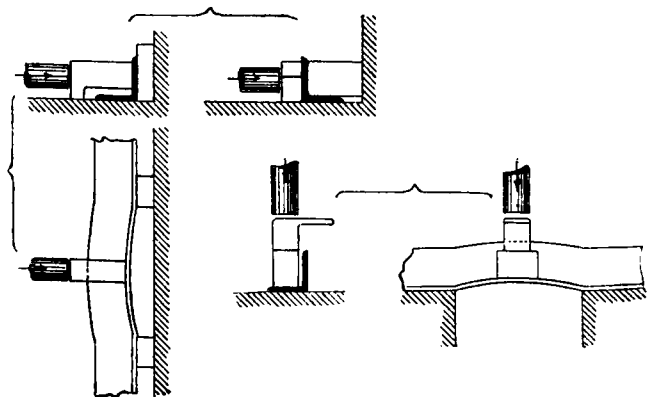
Fig. 10.



Stärkere Verdrehungen von Winkelschenkeln werden zuerst durch entsprechende Zangen beseitigt. (Fig. 10.)

Dann erfolgt das Geraderichten auf horizontal oder vertical wirkenden Pressen, die verschieden construirt sein können. Im Nachstehenden ist das Princip des Vorganges hiebei dargestellt.

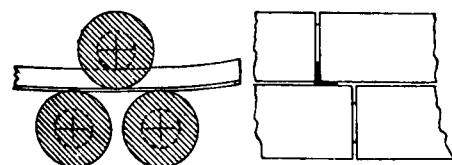
Fig. 11.



Durch entsprechende Beilagen zwischen Pressstempel und Arbeitsstück kann der auszuübende Druck vergrössert oder vermindert werden.

Das Richten erfolgt wieder nach dem freien Auge und setzt eine entsprechende Uebung des Arbeiters voraus.

Fig. 12.



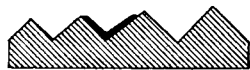
Auch durch Walzen (Fig. 12) kann ein Richten der Winkel vorgenommen werden, jedoch können dabei nur grössere Unebenheiten entfernt werden, da die Winkel durch das Durchziehen durch die Walzen krumm werden.

*) Mit heissem Leinölrniss.

Das Geraderichten erfolgt dann unter obigen Pressen oder in Gesenken (Fig. 13) durch Schlagen mit schweren Hämmern, welcher Vorgang aber weniger rationell ist, als der unter Pressen.

In gleicher Weise kann unter Pressen das Richten der übrigen Façoneisen erfolgen.

Fig. 13.



Manche Constructionen erfordern, dass einzelne Theile nach einem bestimmten Radius oder unter einem bestimmten Winkel gebogen werden sollen.

Dann können dieselben Vorrichtungen benützt werden, nur muss bei starken Formeisen oder bei Biegungen von Blechen über die Hochkante das Arbeitsstück vorgeglüht werden.

Das Biegen kann nur successive erfolgen, und es muss gleichzeitig durch geeignete Vorkehrungen ein Aufbauchen der gestauchten Fasern verhütet werden. *)

Die richtige Biegung wird durch Anlegen einer Schablone controlirt.

Alle diese Biegungen, warm oder kalt durchgeführt, haben wegen Ueberschreitens der Elasticitätsgrenze Deformationen der Fasern im Gefolge, so dass durch diese mechanische Behandlung entweder die Zähigkeit oder Festigkeit des Materials, oder Beides vermindert wird.

Das Biegen von Flacheisen und Blechen nach der Flachseite unterliegt keinen Schwierigkeiten und ist auch weniger nachtheilig. Dasselbe wird auf Blechbiegmaschinen, welche ähnlich den Blechrichtmaschinen construirt sind, vorgenommen.

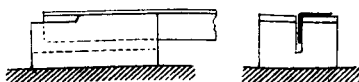
Bei unseren gegenwärtig üblichen Constructionsprincipien mit den starren Knotenverbindungen, und den verschiedenen üblichen Trägerformen, werden diese Bearbeitungen mancher Constructionstheile wohl nicht immer zu vermeiden sein, aber immerhin sollen solche Bearbeitungen möglichst umgangen oder auf das Minimale herabgesetzt werden.

Kröpfungen.

Das Kröpfen von Blechen, Flacheisen, Winkel- oder Façoneisen darf nur im warmen Zustande und soll in Gesenken vorgenommen werden.

Allein üblich ist fast nur mehr das Kröpfen von Winkeleisen. Der Werth solcher Kröpfungen ist nicht hoch anzuschlagen. Das Kröpfen kann nun entweder von Hand aus über einen nebenskizzirten Amboss oder auch unter Pressen dadurch vorgenommen werden, dass auf dem Amboss eine verticale Schraubenspindel mit einem der Kröpfung entsprechenden Obergesenk niederwirkt.

Fig. 14.



Die letztere Art der Herstellung von Kröpfungen ist, wegen besserer Schonung des Materials, vorzuziehen.

*) Bleche nach einem Radius oder unter einem Winkel gebogen, werden daher besser vom Walzwerke verlangt und in der Werkstätte eventuell nur mehr nachgerichtet.

Wenn thunlich, so werden solche Bleche am besten aus rechteckigen Blechen herausgeschnitten oder gemeisselt.

Ablängen, Bearbeitung der Kanten und Flächen.

Sind die Constructionstheile soweit vorgerichtet, so erfolgt das Ablängen oder die Bearbeitung auf diejenige Länge und Form, mit der sie in die Construction eingefügt werden.

Die genaue Länge und Form ist entweder durch Rechnung oder durch einen Aufriss in Naturgrösse bestimmt worden.

Die Bearbeitung der Bleche und Flacheisen an den Schmalseiten erfolgt nun entweder durch Parallelscheeren oder durch Stossmaschinen.

Im letzteren Falle können immer mehrere Bleche übereinander liegen. Sind die Bleche bereits an den Enden rechtwinkelig, so ist die Bearbeitung nur auf einer Seite auf die richtige Länge nothwendig.

Eine Bearbeitung der Bleche nach der Länge soll, der theueren Arbeit wegen, vermieden werden. Diese Bearbeitung wird umgangen, wenn darauf gesehen wird, dass die Bleche nicht zu breit vom Walzwerke angeliefert werden.

Sind aber die Bleche breiter und kann die Mehrbreite nicht unberücksichtigt bleiben, d. h. in die Construction mit einbezogen werden, so muss das Blech der Länge nach beschnitten *) oder abgemeisselt werden.

Ebenso kann bei Blechen, die eine bestimmte geometrische Form (Knoten-, Diafragmenbleche etc.) haben, eine Bearbeitung nach allen Seiten erforderlich werden. Der durch das Schneiden entstehende Grat ist mit der Feile zu entfernen.

Winkeleisen können ebenfalls mit der Scheere beschnitten werden. Dabei erhält das Messer zweckmässig nachstehende Form, wodurch ein Angreifen desselben an allen Stellen zugleich und der Schnitt auf einmal erfolgt. (Fig. 15.)

Fig. 15.



Fig. 16.

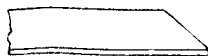
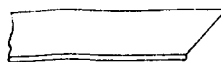


Fig. 17.



Da die Schnittflächen nicht ganz rein werden, so erscheint auch hier ein Nacharbeiten mit der Feile nothwendig.

Ist ein Winkelschenkel z. B. in der nebenstehenden Art (Fig. 16) zu beschneiden, so kann dies auch noch unter der Parallelscheere vorgenommen werden, während folgende Bearbeitung (Fig. 17) nur mit dem Meissel oder durch Sägen vorgenommen werden kann.

Das Ablängen von Winkel- und Façoneisen kann jedoch zweckmässig auch auf den Fraismaschinen erfolgen, deren Princip aus der Skizze (Fig. 18.) zu entnehmen ist.

Zum Bearbeiten der Enden der verschiedenen Eisenprofile nach jeder Form sowie zum blossen Ablängen, bedient man sich mit grossem Vortheil auch der Kreissägen (Kaltsägen), welche eine sehr genaue Arbeit leisten.

In dem Falle, wo Bearbeitungsmaschinen nicht in genügender Anzahl vorhanden sind, muss die Bearbeitung auch mit Handwerkzeugen erfolgen. Die dabei verwendeten Werkzeuge sind: der Flachmeissel, Kreuzmeissel, Schrotmeissel und Schrothammer, Handhämmer, Zuschlaghämmer und Feilen. (Fig. 19—22.)

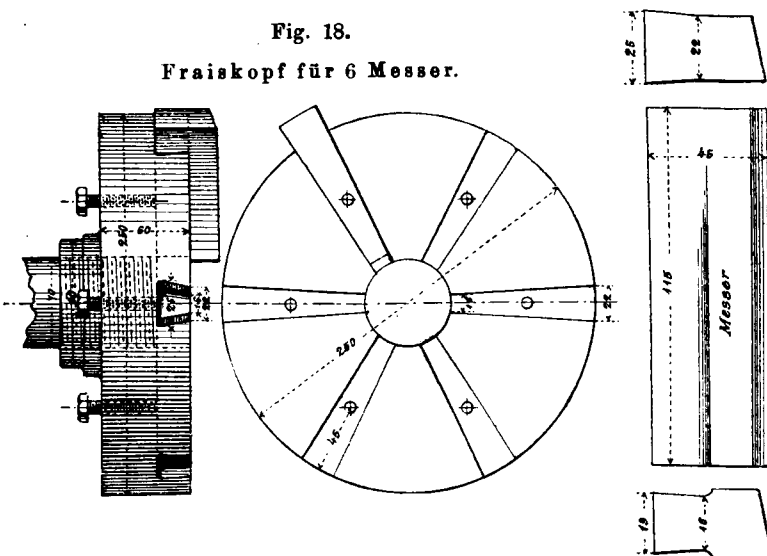
*) Auf Blechkanten-Hobelmaschinen, wie sie in Kesselschmieden Verwendung finden.

Unter allen Umständen jedoch wird die Bearbeitung mit Maschinen leichter, schneller und genauer erfolgen und daher vorzuziehen sein.

Die Arbeitsstücke müssen so bearbeitet sein, dass überall bei aneinander stossenden Theilen ein genauer Schluss erzielt wird.

Fig. 18.

Fraiskopf für 6 Messer.



Bei der Formgebung von Knoten- und Façonblechen überhaupt muss darauf gesehen werden, dass die Bearbeitung oder Herstellung solcher Formen leicht möglich ist.

Bleche mit einwärtsspringenden Ecken sind im Allgemeinen zu vermeiden.

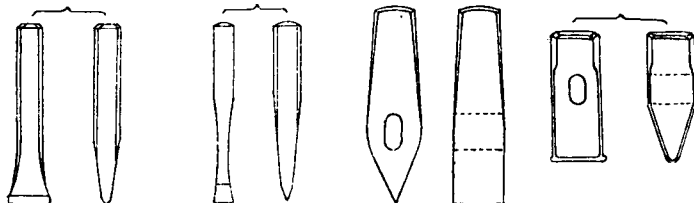
Ein Behobeln von Flächen, sowie ein Abdrehen derselben findet nur bei Auflagerbestandtheilen statt, weil das

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.



Schmieden oder Giessen dieser Theile nicht auf die genauen Maasse geschehen kann.

Anzeichnungsarbeiten.

Ist die Form der Träger, einzelner Constructionstheile oder Anschlüsse complicirt, oder weichen sie von der geraden Richtung ab, so wird ein Aufzeichnen derselben in Naturgrösse nothwendig, einerseits um die richtigen Längen und Formen zu bestimmen, andererseits um dem Arbeiter grösseres Vertrauen zu seiner weiteren Arbeit einzuflössen.

Dieses Aufreissen einzelner Theile oder ganzer Träger geschieht entweder auf einem hölzernen Reissboden, oder auf dünnen Eisenblechen, die mit Kalkmilch bestrichen und auf die Brückenzulage aufgelegt werden. Wegen des Einflusses von Temperaturdifferenzen während der Bearbeitung, ist das Zeichnen auf Eisenblechen rationeller.

Nach plangemässer Uebertragung der Construction auf diesen Reissboden werden für die einzelnen Constructionstheile Schablonen aus dünnen Flacheisen oder Blechen hergestellt.

Mit Hilfe dieser Schablonen erfolgt die nothwendige Bearbeitung der Constructionstheile.

Sind dieselben auf die richtige Länge und Form gebracht, mit der sie in die Construction eingefügt werden sollen, so erfolgt, je nach der üblichen Methode der Anlage der Brücken in den Werkstätten, entweder die Anlage direct, indem auf einer entsprechenden Zulage die Constructionstheile nach Zeichnung zum Ganzen zusammengelegt und dann erst angezeichnet werden, oder es erfolgt zuerst das Anzeichnen, d. h. das Uebertragen der Niettheilungen, Anschlüsse etc. von der Zeichnung auf die einzelnen Eisenprofile.

Die directe Zusammenlegung wird geübt, wenn ein gemeinschaftliches Bohren der Bestandtheile von Trägern oder ganzer Constructionsglieder stattfindet.

Der zweite Vorgang wird geübt, wenn einzelne Eisenprofile als Schablone für die übrigen gleich bearbeiteten benützt, die einzelnen Stücke getrennt gelocht und darauf erst zum Ganzen zusammengesetzt werden.

Man kann daher zwischen der Arbeitsmethode des gemeinschaftlichen Bohrens der Bestandtheile und der Arbeitsmethode nach Schablonen unterscheiden. Es werden beide Methoden oft miteinander vortheilhaft Anwendung finden können.

Bei der Arbeitsmethode nach Schablonen können die Löcher entweder gebohrt oder gestantzt werden.

Die Arbeitsmethode nach Schablonen hat eine grössere Verbreitung gefunden und es sei dieser daher zuerst Erwähnung gethan.

Zu diesem Zwecke sei Einiges über die Werkzeuge zum Anzeichnen, und dieses selbst, vorausgeschickt. Die Werkzeuge zum Anzeichnen sind folgende:

Das Streichmaass (auch Wurzelmaass genannt) der Anschlagwinkel, Linienreisser (Reissnadel), Zirkel, verschiedene Arten von Körnern und Maassstäbe aus Eisen, sowie die durch die früheren Aufrisse in natura gewonnenen Schablonen.

Sowohl die Werkzeuge, als der Vorgang beim Anzeichnen sind in den verschiedenen Werken verschiedene.

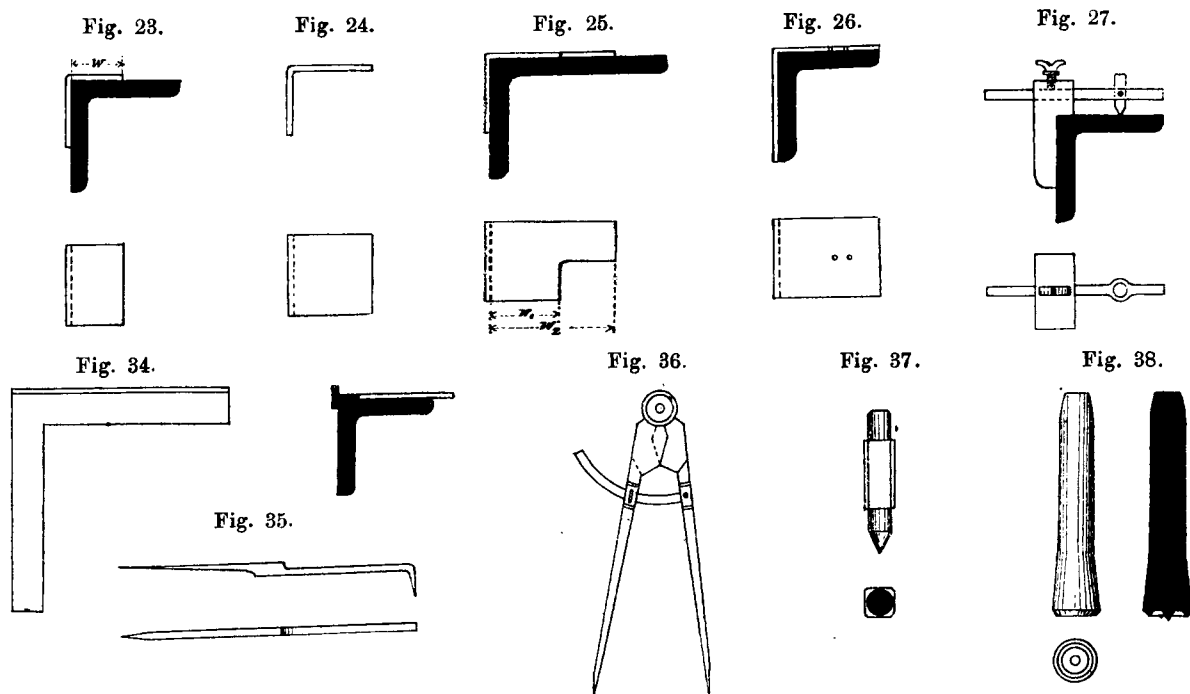
Die in den Figuren 23—38 dargestellten Werkzeuge oder Hilfsmittel zum Anzeichnen sind wohl grösstentheils durch die Zeichnung verständlich und ihr Gebrauch wird durch das Weitere noch näher bezeichnet werden. Während der ganzen Anarbeitung ist auf den Einfluss grösserer Temperaturdifferenzen stets Rücksicht zu nehmen.

Das Uebertragen der Niettheilung erfolgt auf die Winkeleisen und Bleche*) der einzelnen Constructionsglieder.

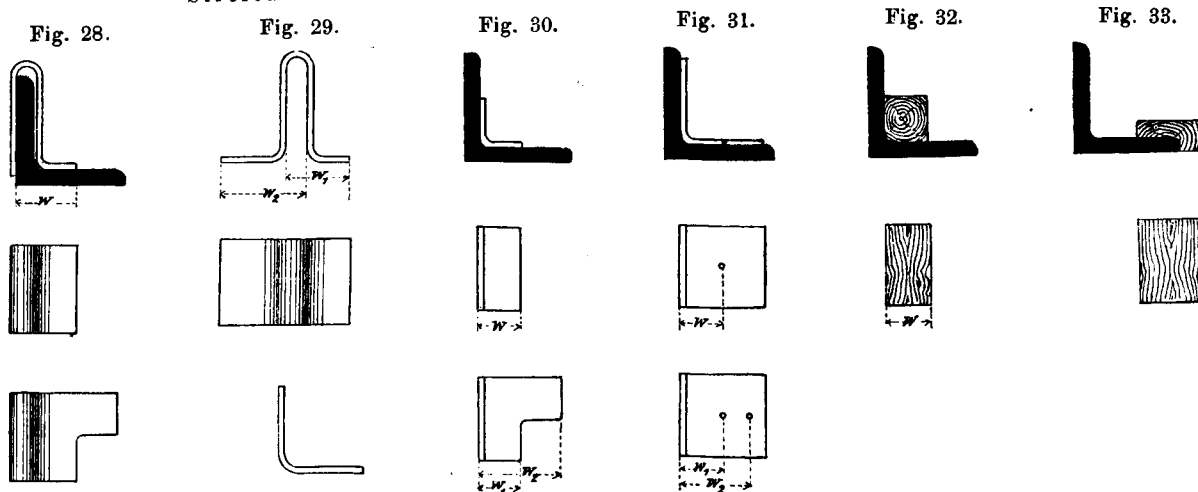
Erfolgt die Uebertragung auf die Winkeleisen, so kann dies wieder entweder auf einer inneren oder äusseren Schenkelfläche geschehen. Das Arbeitsstück wird, der leichteren Arbeit halber, oft an der anzuzeichnenden Fläche mit Kreidewasser oder Kalkmilch bestrichen.

*) Selbstverständlich kann die Methode auch bei anderen Façon-eisen Anwendung finden. Da im Brückenbau aber die aus Winkeleisen und Blechen zusammengesetzten Constructionen die Mehrzahl bilden, so wollen wir diese zunächst im Auge behalten.

Streichmaasse zum Anzeichnen auf der äusseren Schenkelfläche.



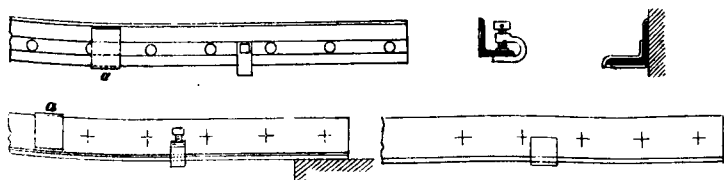
Streichmaasse zum Anzeichnen auf der inneren Schenkelfläche.



Der Vorgang beim Anzeichnen ist folgender:

Auf die innere Schenkelfläche wird ein sehr dünnes und schmales Flacheisenband gelegt, welches die zu übertragende Niettheilung enthält. Dieses dünne Band (Schablone) wird durch eine Schraubzwinge am Winkel befestigt. Mit Hilfe eines Blechwinkels (a) und dem Linienreisser werden von Niete zu Niete auf dem zu theilenden Schenkel kurze

Fig. 39.



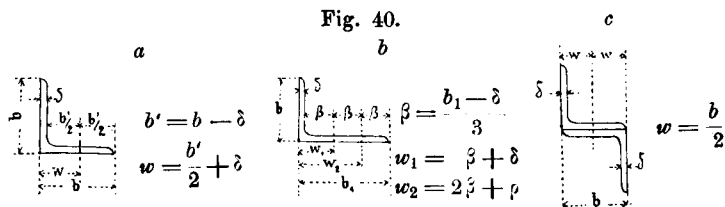
Linien angerissen und das Mittel der Niete, bzw. des Loches, durch einen zweiten Strich mit einem Streichmaasse markirt.

Die Blechwinkel können zugleich auch das Streichmaasse bilden, und könnten andererseits gleich die Länge einer

Niettheilung haben, doch würden dann wegen der wechselnden Niettheilungen zu vieler solcher Blechwinkel nothwendig werden, während im früheren Falle auf dem dünnen Bande, welches die Niettheilung trägt, wohl auch mehrere Niettheilungen, aber verschieden charakterisirt, aufgetragen sein können.

Jedes Winkelprofil hat ein eigenes Streichmaass, welches bei gleichschenkeligen Profilen meist so eingerichtet ist, dass es die Mitte der inneren Schenkelbreite anreisst. Ungleichschenkelige Winkelleisen erhalten für den breiteren Schenkel, wenn auf demselben die Nieten versetzt sein

Fig. 40.



sollen, zwei Streichmaasse. Winkel, welche jedoch wie Fig. 40 c zeigt, mit einander zu verbinden sind, müssen

Streichmaasse erhalten, welche die äussere Schenkelfläche halbiren.

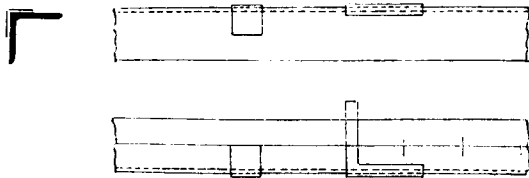
Durch diese Anzeichnungsart auf der inneren Schenkelfläche, meist bedingt durch die Einrichtungen der Lochmaschinen, weil diese nur dann ein Lochen der Winkel-eisen zulassen, ist andererseits eine Benützung des gelochten Winkelprofils als Schablone für die übrigen gleichgetheilten Stücke ausgeschlossen, und macht daher ein separates Anzeichnen jedes Winkels, nach der beschriebenen Methode, erforderlich. Das Einzige, was wieder benützt wird, ist die dünne, mit der Niettheilung versehene Schablone.

Besser und rationeller, weil man denselben Zweck mit grösserer Genauigkeit, aber viel rascher erreicht, ist das Anzeichnen der Winkelprofile auf der äusseren Schenkelfläche. *)

Durch diesen Vorgang wird erreicht, dass man den angezeichneten und gelochten Winkel als Schablone für alle übrigen gleichgetheilten Arbeitsstücke benutzen kann.

Das Anzeichnen auf der äusseren Schenkelfläche erfolgt nun wieder mit Hilfe des Streichmaasses, Anschlagwinkels, der Reissnadel und des Zirkels.

Fig. 41.



Indem man das Streichmaass an den Winkel anlegt und damit längs desselben fortstreicht, wird, bei gleichzeitigem Anlegen der Reissnadel an die Kante oder Lücke des Streichmaasses, auf der Schenkelfläche eine Linie festgerissen. Mit Hilfe des Zirkels wird auf dieser Linie die Niettheilung aufgetragen und durch den Anschlagwinkel das Mittel der Nieten, bezw. des Loches, festgelegt.

Das Anzeichnen der Winkelprofile auf der inneren Schenkelfläche mit den Streichmaassen, Fig. 30, 31, ist unserer Ansicht nach für die Schablonenarbeit nicht zu empfehlen, und zwar aus dem Grunde, weil die Winkelprofile in der Dicke nie vollständig gleich sein werden, daher eine Fehlerquelle mehr vorhanden ist, welche das genaue Passen der Löcher verhindert.

Beim Anzeichnen jedoch mit Hilfe der Streichmaasse, Fig. 23 bis 29, oder beim Anzeichnen auf der äusseren Schenkelfläche, ist bei denselben Winkelcalibern die Anzeichnung, bezw. die Genauigkeit der Arbeit, von geringen Differenzen in der Dicke und Breite der Winkelschenkel unabhängig.

So wie die Winkel, können auch die Bleche angezeichnet, gestanzt oder gebohrt und als Schablone für die damit zu verbindenden Winkelleisen benützt werden.

Wir halten aber dafür, dass das Anzeichnen der Winkelleisen unter allen Umständen das Vortheilhaftere ist, weil die Winkelprofile leichter gehandhabt werden können und im Allgemeinen auch besser gerade gerichtet sind.

*) Nur müssen die Lochmaschinen, wenn deren Gebrauch beabsichtigt wird, ein Lochen zulassen, wozu sie ja immer eingerichtet werden können.

Bei der Methode des gemeinschaftlichen Bohrens aller Bestandtheile wird der Träger erst im angelegten Zustande angezeichnet. Dabei müssen natürlich die Winkel auch auf der inneren Schenkelfläche angezeichnet werden. Doch hat diese hier keinen Nachtheil.

In den Figuren 32, 33, 44 sind die dabei verwendeten Streichmaasse dargestellt.

Fig. 42.



Mit der Niettheilung selbst, die mit dem Zirkel aufgetragen wird, geht man am besten von Stössen aus, weil in vielen Fällen dort Unregelmässigkeiten in der Theilung vorkommen.

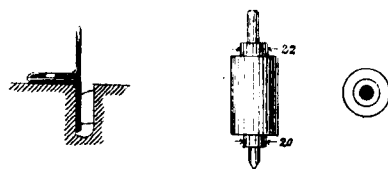
Die angerissenen Nietmittel werden immer durch Körner festgelegt. Der Arbeiter besitzt nun mehrere Körner und zwar: einen Vorkörner, mit dem nur kleine Vertiefungen (Körner) geschlagen werden und eine angerissene Linie deutlicher gekennzeichnet wird. (Fig. 37.)

Sind mit diesem Vorkörner die Nietmittel markirt, so überzeugt man sich nochmals, ob dieselben in einer Linie stehen. Darauf beginnt das Nachkörnen mit einem groben Körner auf ganz gleiche Weise, der ein tieferes Grübchen schlägt, welches zugleich den Zweck hat, das Ansetzen des Bohrers oder der Punze der Lochmaschine zu erleichtern.

Um zugleich den Lochdurchmesser zu markiren, verwendet man mit Vortheil die Kreiskörner (Fig. 38), durch welche gleichzeitig mit dem Mittelpunkte auch der Kreis geschlagen wird. Sind die Anzeichnungsarbeiten vollendet, die Schablonenstücke bearbeitet, gestanzt oder gebohrt, so beginnt die Arbeit des Durchzeichnens entweder für alle Constructionstheile, meist aber nur für den grösseren Theil, weil einige Constructionstheile erst später im Verlaufe der Anlage der Brücke besser an-, bezw. durchgezeichnet werden können.

Das Durchzeichnen erfolgt nun am besten mit Hilfe des Hülsen- oder Centrumkörners. (Fig. 43.)

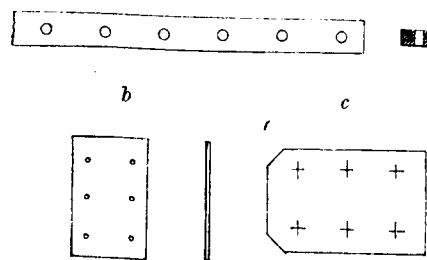
Fig. 43.



Diese Hülsenkörner für die verschiedenen Lochdurchmesser angefertigt, schlagen die Lochmittelpunkte der Schablone auf das untenliegende Arbeitsstück durch, worauf diese

Punkte wieder durch einen Grob- oder Kreiskörner tiefer gekörnt werden. Dieser Vorgang wird nun bei allen gleichgetheilten Stücken wiederholt.

Fig. 44 a



Das Anzeichnen bzw. Durchzeichnen erfolgt auch öfter indirect dadurch, dass eine Schablone aus Holz, Eisen oder Papier mit der Niettheilung angefertigt und durch diese Schablone die Niettheilung

erst auf das Arbeitsstück übertragen wird. (Fig. 44 a, b, c.)

Die dargestellte Holzschablone (Fig. 44 a) kann auch verschiedene Niettheilungen enthalten, nur müssen dieselben

um Verwechslungen hintanzuhalten durch Farbenmarkirung der Lochränder unterschieden sein. Das Durchzeichnen bei diesen Schablonen erfolgt dadurch, dass die Löcher derselben im Umfange mit der Reissnadel umfahren werden, wodurch dieselben auf dem unten liegenden Stücke aufgezeichnet erscheinen. Auf dem Umfange des Kreises werden dann einige (3—4) kleine Körner geschlagen.

Durch dieselben kann eine Controle für das richtige Bohren geschaffen werden, indem die halben Körner stehen bleiben müssen. Alle diese Arbeiten werden aber nach den früheren durch den Gebrauch der Hülsen- und Kreiskörner rascher und ebenso genau verrichtet.

Wenn so die Constructionstheile vorgearbeitet sind, wird zur Anlage der Hauptträger geschritten.

Zulage und Anlage der Brücken.

Die Hauptträger einer Brücke müssen, theils um einzelne Theile oder den ganzen Träger bearbeiten zu können, andererseits

um die Ueberzeugung von dem genauen Passen aller Theile zu gewinnen, in der

Werkstätte vollständig provisorisch zusammengesetzt werden.

Für die Quer- und Längsträger der Fahrbahn ergibt sich die Zu- und Anlage derselben schon aus dem früher Gesagten. Da die Herstellung bzw. Bearbeitung der einzelnen Theile nach Schablonen erfolgt, so können dieselben dann auf irgend einem Bockgerüste (Zulage) zum Ganzen vereinigt (Anlage), daselbst gebohrt oder vernietet werden. Die Anlage der Hauptträger erfolgt auf der Zulage.

Diese Zulage besteht entweder aus hölzernen Böcken, oder besser aus in den Boden der Werkstätte eingerammten Pfählen, die mit Holmen verbunden sind und darüber gelegten Eisenbahnschienen oder Holzbalken, wodurch eine horizontale Ebene fixirt wird, auf deren Erhaltung während der Anlage stets Rücksicht zu nehmen ist.

Aus den Figuren 45 und 46 ist die Constructionsweise einiger Zulagen zu entnehmen.

Der Vorgang bei der Anlage der Hauptträger hängt mit der speciellen Construction derselben, sowie mit den Arbeitsmethoden zusammen.

Um in genereller Weise nur das Wichtigste darüber anführen zu können, sei zwischen Parallelträgern und Trägern mit gekrümmten Gurten unterschieden.

Dabei ist in beiden Fällen zu beachten, dass die Träger aus bekannten Gründen eine Ueberhöhung oder Sprengung erhalten und diese bei der Anlage berücksichtigt werden muss.

Die Anlage eines Parallelträgers (mit T-Gurten) geschieht nun wie folgt:

Nach der Materialvertheilung der Gurtungen werden die einzelnen Theile derselben mit ihren genauen Längen angelegt, u. zw. so, dass mit der untersten bzw. obersten Kopfblechlage begonnen wird. Die Verbindung der einzelnen Theile geschieht provisorisch durch Schraubenzwingen. (Fig. 47.)

Die Gurtwinkel, die durch Eisenplättchen in ihrer richtigen Entfernung (gleich der Dicke des Stehbleches) gehalten werden, können beispielsweise schon im gelochten Zustande zur Anlage kommen.

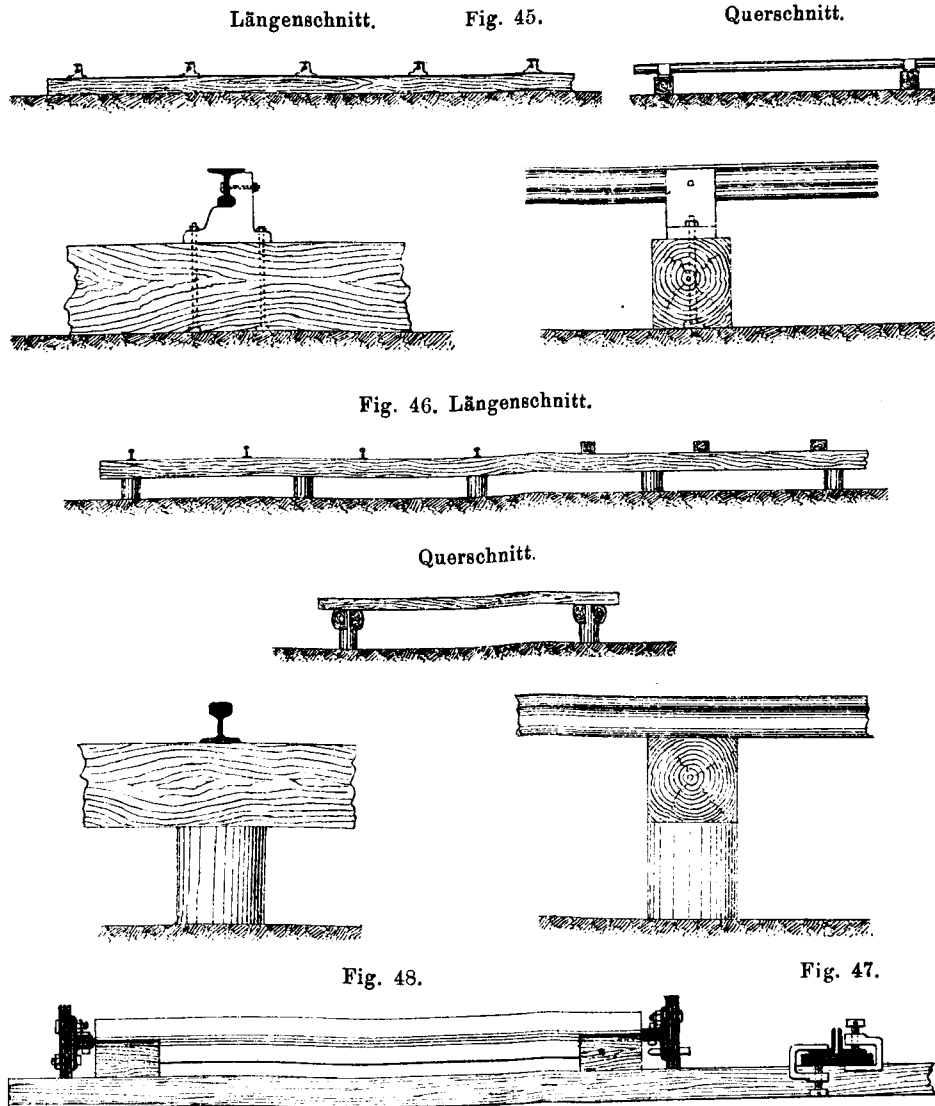
In diesem Falle erfolgt dann das Durchzeichnen der Niettheilung von den Gurtwinkeln auf die Kopfblechlage.

Nach dieser Arbeit werden die Kopfbleche entweder einzeln gelocht, gestantzt oder gebohrt, in welchem Falle immer eine Kopfblechlage die Schablone für die nächste untere Lage abgibt, oder die Kopfblechlage wird gemeinschaftlich gebohrt.

Letzteres geschieht mit Vortheil bei einer grösseren Anzahl von Kopfblechen und das Bohren selbst wird

entweder unter den an den Längsseiten der Werkstätte angeordneten Radial-Bohrmaschinen, oder unter den Krahn-Bohrmaschinen vorgenommen.

In diesem Falle erfolgt die vorherige provisorische Verbindung der Kopfblechlagen durch Schraubenzwingen und dadurch, dass an den Stössen einige Löcher vorgebohrt,



dann verdornt oder verschraubt werden, damit vor und während der Arbeit unter den Bohrmaschinen keine Verschiebungen der einzelnen Theile eintreten können. Es unterliegt keinem Anstand, auch die Gurtwinkel bei diesem Vorgange mitzubohren.*)

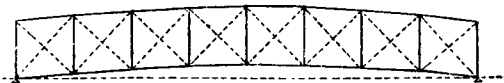
Die Stehbleche können darauf mit den Gurtwinkeln in ähnlicher Weise gebohrt oder nach diesen gestanzt werden. Sind diese Arbeiten vollendet, so kommen die Gurtungen in die horizontale Lage und durch den Einbau der Verticalen zugleich in ihre richtige Entfernung. (Fig. 48.)

Die Verticalen nach Schablonen genau abgelängt, können gleichzeitig ihre Anschlüsse an die Gurtung erhalten.

Ob in dieser Lage des Trägers alle oder nur einige Kopfblechlagen wieder angelegt werden sollen, wird mit dem gewählten Vorgange bei der Lochbildung derselben (ob nach Schablonen gelocht oder gemeinschaftlich gebohrt) zusammenhängen.

Durch Hineindrücken der unteren Gurtung mittelst Winden wird das Maass der Ueberhöhung an jedem Knotenpunkte hergestellt.***) Das Einmessen der Knotenpunkte erfolgt von einer festgelegten horizontalen Geraden und es ist darauf zu sehen, dass während der ganzen späteren Arbeit die richtige Ueberhöhung erhalten bleibt. Wenn auf diese Weise der Träger die richtige Sprengung (Fig. 49) erhalten hat, werden die Diagonalen eingepasst. Diese Arbeit muss sehr genau vorgenommen werden, da den Diagonalen die Aufgabe zufällt, die richtige Ueberhöhung der Hauptträger zu erhalten.

Fig. 49.



Geschehen bei dieser Arbeit Fehler, so machen sich diese später bei der Beanspruchung der einzelnen Theile bemerkbar.

Nach dem angelegten und gesprengten Träger lässt sich die genaue Länge und die genaue Form des Anschlusses der Diagonalen an die Gurtungen ermitteln.

Von diesen Anschlüssen ist mindestens einer in der Anlage zu bohren.***)

Hiebei ist wieder zu beachten, dass es zweckmässig erscheint, vorläufig nur die ersten Anschlusslöcher, sowohl in der Diagonale (Zugband), als in der Gurtplatte zu bohren, wobei die Lochmittelpunkte der ersteren gegen jene der letzteren, „auf Zug“, zurückzusetzen sind.†)

*) Bei consequenter Uebung des gemeinschaftlichen Bohrens wird dies auch immer geschehen.

**) Die Enden der Stehbleche müssen schräg bearbeitet werden, damit nach Herstellung der Ueberhöhung ein genauer Schluss an den Stössen stattfindet. An jedem Knotenpunkte ist der leichteren Controle wegen die entsprechende Ueberhöhung anzuschreiben.

***) Die Anschlusslöcher der Diagonalen unabhängig von jenen der Gurtplatten herzustellen, wird selten eine genaue Arbeit ermöglichen und ungleich gespannte Diagonalen zur Folge haben.

†) Entsprechend der Länge der Diagonale, da sich dieselbe durchbiegen wird.

Sind auf diese Weise die ersten Anschlusslöcher gebohrt,*) so kommen in diese gut passende Dorne, wodurch die nothwendige Spannung der Diagonalen erhalten wird.**)

Erst in diesem Zustande sollen dann die weiteren Anschlusslöcher gebohrt werden.

Diese Arbeit muss bei allen Diagonalen mit der gleichen Präcision erfolgen.

Druckdiagonalen, weil steif construiert, können daher viel leichter mit ihrer richtigen Länge eingebaut werden, als dies bei den schlaffen Zugdiagonalen der Fall ist.

Der Träger wird nun auf diese Art in allen seinen Theilen durch Herstellung der Anschlüsse, Stossverbindungen und etwaiger Nacharbeiten fertig gestellt.

Nach gewonnener Ueberzeugung über die Richtigkeit der Arbeiten wird der provisorisch verschraubte und verdornte Träger in seinen einzelnen Theilen von der Zulage wieder abgenommen.

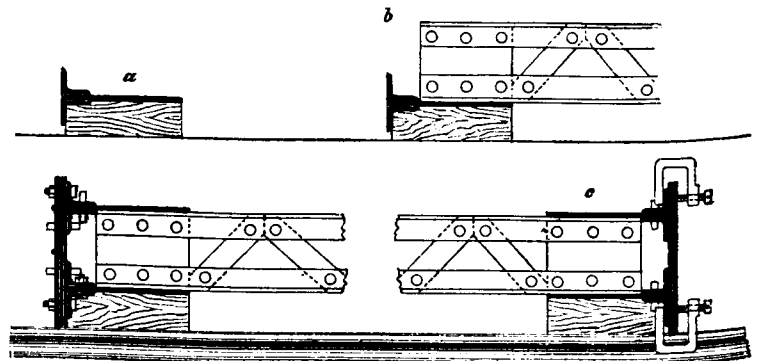
Dieselbe Arbeit muss mit allen, wenn auch gleichen Trägern wieder vorgenommen werden, denn wenn auch die Theile der nächsten Träger nach den gleichen Theilen des ersten Trägers, also nach gleicher Schablone, angefertigt werden, so liegt darin noch nicht die Garantie einer vollkommenen Uebereinstimmung.

Beobachtungs-, Maass- und Arbeitsfehler kommen erst in der Anlage der Träger zum Ausdruck.

Aus diesem Grunde dürfen auch die Theile des einen Trägers mit den gleichen Theilen des anderen nicht verwechselt werden, worüber vorgesorgt werden muss.

Bei Trägern mit Π -Gurtungen ist der Vorgang im Principe derselbe und durch die Fig. 50 a, b, c angedeutet.

Fig. 50.



Bei Systemen ohne Verticalständer werden bei dem beschriebenen Vorgange provisorische Verticalen eingebaut, (aus Holz oder Eisen) um dem Träger die Sprengung mittelst Winden geben zu können. Diese Verticalen, aus vorrätigem Material gebildet, werden nach dem Einbau der Diagonalen wieder entfernt.

*) Durch Hand- oder Maschinenarbeit.

**) Man hat bei einigen Brückenconstructions aus früherer Zeit die Diagonalen aufgetrieben, um sie zu spannen und steifer zu

Fig. a.



machen. Dies scheint uns eben nur die Folge schlechter Anarbeitung gewesen zu sein.

Continuirliche Träger werden in ihren einzelnen Öffnungen ganz ähnlich behandelt.

Bei Trägern mit gekrümmter Gurtung oder bei Parallelträgern mit abgestumpften Enden ist der Vorgang folgender:

Auf einem entsprechend hergestellten Reissboden *) erfolgt das Aufzeichnen der Trägerform.

Dabei genügt es bei Trägern mit gekrümmten Gurtungen nur diese selbst mit Rücksicht auf die Sprengung vorzuzeichnen. Das geometrische Netz des Trägers muss sehr genau festgelegt werden, und das Einmessen der Ordinaten der Knotenpunkte wird hiebei von einer horizontalen festgelegten Geraden, Schnur oder Draht, vorgenommen.

Die gerade Gurtung kann direct angelegt werden (nach der Materialvertheilung). Ebenso braucht man bei Parallelträgern mit abgestumpften Enden nur die schief ansteigende Gurtungsstrecke besonders vorzuzeichnen.

Wenn der Träger symmetrisch bezüglich der Stossvertheilung in den Gurtungen und den übrigen Verhältnissen ist, genügt auch das Aufzeichnen des halben Trägers.

Nachdem von diesem Aufrisse, der ganz nach Zeichnung zu erfolgen hat, die Schablonen für die einzelnen Constructionstheile abgenommen worden sind, werden die letzteren genau abgelängt, geformt, angezeichnet, gestanzt oder gebohrt.

Die so bearbeiteten Theile kommen wieder auf die Zulage, um deren Uebereinstimmung mit der Zeichnung zu controliren. **)

Ist dies der Fall, so werden die Gurtungen wie früher angelegt, ***) entsprechend verspannt, die Verticalen eingebaut, der Anschluss derselben an die gekrümmte Gurtung festgelegt und durch Hineinpressen der unteren geraden Gurtung der Anschluss dieser an die Verticalen und somit auch die Sprengung erhalten.

Der übrige Vorgang ist wieder der gleiche wie beim Parallelträger.

Will man die Anwendung von Winden zur Herstellung der Ueberhöhung vermeiden, so kann derselbe Zweck auch durch vortheilhafte Anwendung guss- oder schmiedeiserner Montirständer erreicht werden. (Fig. 51—53.)

Auf der Zulage gleiten oder ruhen die Montirständer, die nach dem geometrischen Netze des Trägers in dieses eingemessen werden.

Die Gurtungen werden sowohl bei Parallel- als gekrümmten Trägern in gleiche Montirständer gelagert, und die genaue Entfernung der Gurtungen durch sogenannte Sperrmaasse (aus Holz oder Eisen und gleich der Länge der Verticalen) festgelegt.

Nach der so vorgenommenen Anlage der Gurtungen (Fig. 51 b) erfolgt das Einbauen der Füllungsglieder, Herstellung der Anschlüsse, Abnahme von Schablonen, Anpassen

*) Z. B. durch Auflegen dünner Bleche auf die Zulage.

**) Dabei müssen Constructionstheile, welche etwa nicht passen, von der Zulage abgenommen und so lange bearbeitet werden, bis eine vollkommene Uebereinstimmung in allen Punkten erzielt wird.

***) Bei Trägern mit gekrümmter Gurtung wird sich bei letzteren, im Falle der gemeinschaftlichen Bohrung der Bestandtheile derselben, die Nothwendigkeit des Horizontalbohrers ergeben, das nur auf unbequeme Art durch ein Verticalbohren zu ersetzen wäre.

von Kopfblechen etc., schliesslich ein Verdornen und Verschrauben des Trägers, um sich von der Genauigkeit der ganzen Arbeit zu überzeugen.

Bei Bogenträgern kommen im Allgemeinen dieselben Principien zur Anwendung. Eine genaue Festlegung der Bogenform ist hier besonders nothwendig und kann dieselbe dadurch erfolgen, dass in den Boden der Werkstätte Pfähle gerammt, auf welchen die genauen Bogenpunkte festgelegt werden.

Fig. 51.

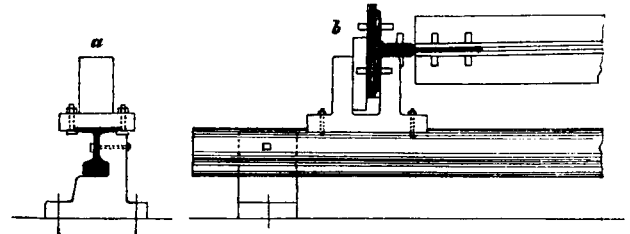


Fig. 52.

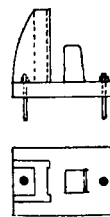
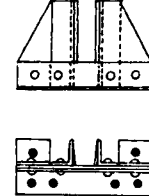


Fig. 53.



Die Eisenconstruction, auf die Zulage aufgebracht, wird auf diese Fixpunkte genau eingesenkt.

Bezüglich der gemeinschaftlichen Bohrung wäre nur noch Folgendes zu bemerken:

Werden die Träger oder ganze Constructionstheile mit ihren ungelochten aber gerichteten und abgelängten Bestandtheilen angelegt (wobei die specielle Construction auf den Vorgang hiebei wesentlich Einfluss nimmt), provisorisch verspannt, die Niettheilung angezeichnet, so erfolgt darauf das Bohren mit den Krahnbohrmaschinen, die über den Träger laufend, an jede beliebige Stelle desselben gebracht werden können, um an derselben die Arbeit zu beginnen.

In dem Maasse, als die Bohrung vorschreitet, wird die provisorische Verspannung gelöst, und tritt an deren Stelle die Verdornung und Verschraubung.

Zum Schlusse erwähnen wir noch die Anlage von Brücken mit Gelenkbolzen, wie sie z. B. von der süd-deutschen Brückenbau-Aktiengesellschaft hergestellt werden.

Auf einer von Zimmerleuten aus Brettern hergestellten Zulage wird das geometrische Netz des Trägers mit Rücksicht auf die Sprengung aufgerissen. Die Bretterlage wird mit Holzschrauben auf die Holme der Grundpfähle befestigt. Bei jedem Knotenpunkte steht rechts und links ein guss- oder schmiedeiserner Montirständer, die mit Rücksicht auf die Bohrarbeiten *) in entsprechender Höhe festgestellt sein müssen.

Beim Aufstellen der Montirständer ist ferner auf das spätere Einlegen der betreffenden Gurtform Rücksicht zu nehmen, und die Abweichung von dem Gurtmittel wird auf der Zulage auch notirt. Wenn die Montirständer richtig gestellt sind, erfolgt das Einlegen der einzelnen Constructionstheile.

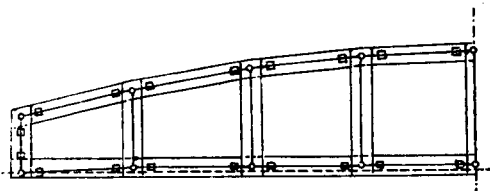
*) Unter den Krahnbohrmaschinen.

glieder, die vermöge des Constructions-Principes dieser Brücken, meist in gebohrtem oder vernietetem Zustande eingelegt werden können. (Fig. 54, 51 b.)

Durch Eintreiben von Buchenholzkeilen in den zwischen Gurtung und Montirständern frei bleibenden Raum wird die Lage der Constructionslieder unveränderlich festgelegt.

Die auf Grund des geometrischen Netzes oder durch Rechnung ermittelten genauen Längen der einzelnen Constructionstheile ermöglichen eben meist die vollständige Anarbeitung derselben, so dass in der darauf folgenden Anlage des ganzen Trägers nur mehr das genaue Einpassen der Knotenbleche, Gitterstäbe, Bohren der Anschlusslöcher oder der Löcher für die Gelenkbolzen vorgenommen zu werden braucht.

Fig. 54.



Die Löcher für die Gelenkbolzen werden auf einen kleineren Durchmesser vorgebohrt,*) um etwa noch kleine Correctionen, die sich durch das Aufbringen auf die Zulage herausstellen, berücksichtigen zu können, indem der Lochmittelpunkt neu und genau festgelegt wird.

Die dabei verwendeten Bohrer sind der gewöhnliche Lochbohrer und zum Ausweiten der Bolzenlöcher ein Ring- oder Centralbohrer.

Das Ausreiben dieser Löcher erfolgt mit einer conischen Reibahle und das Einpassen der conisch gedrehten Bolzen muss mit grösster Schärfe erfolgen.

Das Aufstellen der Hauptträger in verticaler Lage, wie es früher in manchem Werke geschehen, wird heute nur mehr in seltenen Fällen geübt.

Einerseits der grössere Zeit- und Kostenaufwand, andererseits Raummangel, sowie namentlich ein besser geschultes Arbeiterpersonal haben zur horizontalen Anlage der Träger geführt.

Aus diesem Grunde kommen auch die Fahrbahnglieder mit den Hauptträgern im Werke nicht mehr in Verbindung, sondern werden an und für sich nur insoweit zusammengestellt, als dies für die Bearbeitung derselben selbst und für die Herstellung des Windverbandes nothwendig erscheint.

Das Einpassen der Windstreben erfolgt analog dem der Diagonalen im Hauptträger, wobei ein Anschluss immer in der Zulage zu bohren ist, um die entsprechende Spannung zu erzielen.

Diese Arbeit kann auch am Bauplatze, bei der Montirung der Brücken, vorgenommen werden.

Stanzen und Bohren.

Bei vorsichtiger Art des Stanzens und entsprechender Behandlung des Materiales wird die Festigkeit desselben nicht besonders beeinträchtigt. Eine grosse Vorsicht ist

*) Kleiner als der Führungzapfen des Centralbohrers.

namentlich bei sprödem Material, insbesondere dem Stahl, geboten, sowie bei diesem Material überhaupt der Einfluss einer mechanischen Bearbeitung endgiltig noch nicht festgestellt ist.

Doch verweisen wir in dieser Richtung auf die einschlägigen Publicationen darüber und wollen uns mit den beiden Methoden der Lochbildung hier nur insoweit beschäftigen, als dieselben Einfluss auf die Genauigkeit der Arbeit nehmen.

Bei dem Stanzen streckt sich das Eisen, und zwar das schmälere stärker als das breitere.

Auch werden die Constructionstheile krumm, wodurch ein Nachrichten derselben nothwendig wird. Durch diese Veränderungen werden Ungenauigkeiten bewirkt, die beim Zusammenpassen der einzelnen Theile zu Tage treten. Auch die Beobachtungsfehler beim Anzeichnen und Ankörnen werden ihren Einfluss üben.

Aus diesen Gründen, und um das Material zu schonen, sollen die Löcher auf einen kleineren Durchmesser gestanzt und nach dem Zusammenpassen der Constructionstheile auf den richtigen Lochdurchmesser ausgerieben werden.

Beim Lochen ist zu berücksichtigen, dass die Wandungen sehr unregelmässig ausfallen, wenn der Stempel

Fig. 55.

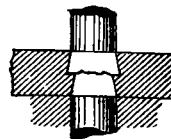


Fig. 56.



genau in die Matrize passt. In diesem Falle sind weder die Loch- noch Putzenflächen cylindrische, sondern aus zwei Kegelflächen gebildet.

Damit nun keine rauhe Lochwandung erzeugt wird, wird der obere Durchmesser der Matrize etwas grösser gemacht, als der Durchmesser des Stempels, u. zw.:

$$d_1 = d + 0.2 \delta$$

wobei d = Stempeldurchmesser und δ die Materialstärke bedeutet.

Dadurch vergrössert sich zwar die durch die Form des Putzens hervorgerufene Tendenz der Bildung eines conischen Loches, aber dasselbe wird sauber und besitzt keinen Grat. Man zieht daher diese Lochbildung vor.

Auch beim Bohren, wenn die Stücke einzeln gebohrt werden, wird es aus früher angeführten Gründen nicht immer möglich sein, genau passende Löcher zu erhalten, so dass auch hier die Reibahle oder das Durchschlagen von Dornen Verwendung finden muss.

Selbst beim gemeinschaftlichen Bohren der Bestandtheile wird das Loch nicht immer cylindrisch ausfallen, weil die Bohrer die Eigenschaft haben, sich zu verlaufen, d. h. der Bohrer sucht die ihm zusagendste weichste Eisenpartie zu bearbeiten.

Jedoch wird bei entsprechender Form des Bohrers und grösserer Aufmerksamkeit des Arbeiters eine vollkommene Lochung zu erzielen sein, welche den Gebrauch der Reibahlen entbehrlich macht.

Beim Bohren wird das Loch am Unterrande immer einen Grat zeigen, der später mit der Feile oder durch die Versenkung zu entfernen ist. Das Bohren geschieht nun selbst entweder unter den Radialbohrmaschinen, wie z. B. beim gemeinschaftlichen Bohren von Gurtungen, Kopfblech-

lagen, Querträgern etc. oder unter Wandbohrmaschinen, wie z. B. beim Bohren einzelner Stücke, oder unter den fahrbaren Krahnböhrmaschinen, die an jeder Stelle des zusammengelegten Trägers angreifen können.

Auch Handbohrmaschinen finden Verwendung, wo die Anwendung der früher erwähnten Bohrmaschinen aus verschiedenen Gründen nicht platzgreifen kann.

Bei den Wand- und Radialbohrmaschinen ruhen die zu bohrenden Theile auf Bohrwagen oder Rollstangen, so dass eine Fortbewegung des Arbeitsstückes leicht möglich ist.

Eine zweckmässige Form des Bohrers ist in Fig. 57 dargestellt.

Um vollständig gleiche Löcher zu erhalten, müssen auch die Bohrer vollständig gleich und daher nach einer bestimmten Lehre hergestellt sein. Es muss Vorsorge getroffen werden, dass der Arbeiter keinen anderen Bohrer verwenden kann.

Fig. 57.



Fig. 58.

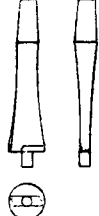
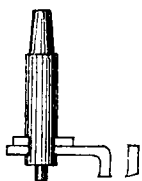


Fig. 59.



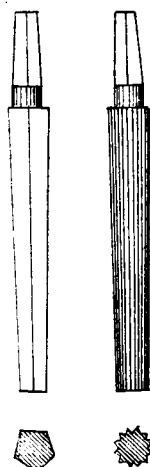
Zur Herstellung grösserer Löcher ist jedoch die Anwendung eines Ring- oder Centralbohrers (Fig 58, 59) nothwendig. Deren Anwendung bedingt das Vorbohren eines kleineren Loches, welches dem Zapfen als Führung dient.

Mit denselben ist ein vollkommen centrisches Bohren möglich.

Je besser die Maschinen, je sorgfältiger die Anarbeitung, desto geringer können auch die Mängel des Stanzens und Einzelbohrens werden. Die gleiche Qualität der Arbeit, wie beim gemeinschaftlichen Bohren, kann nur dann erreicht werden, wenn sämtliche Löcher durch Reibahlen (Fig. 60) ausgerieben werden. *)

Da die Nieten beim Uebergang vom Schaft zum Kopf stets einen Conus haben muss (wegen der dadurch erzielten grösseren Festigkeit der Vernietung), so müssen sämtliche Nietlöcher eine sogenannte Versenkung erhalten. Diese wird durch Abfräsen mittelst conischer, mit zahlreichen Schneiden besetzter Senker (Ausreiber) bewirkt.

Fig. 60.



Anstrich.

Bevor eine Vernietung der Theile vorgenommen werden darf, sind die Materialien, wenn dies nicht schon früher geschehen sein sollte, sorgfältig vom Roste zu reinigen und mit einem Anstrich zu versehen, der einstweilen nur auf die sich berührenden

Flächen beschränkt *) oder gleich auf die ganzen Flächen ausgedehnt wird.

Im Werke selbst wird nur die sogenannte Grundirung (mit rother Farbe) vorgenommen, während die Deckanstriche mindestens zweimal auf dem Bauplatze erfolgen.

Der Schwerpunkt des Oelanstriches liegt im Grundiren.

Die Grundirfarbe muss gute Trockenfähigkeit besitzen, dünnflüssig sein und darf nur mager aufgetragen werden, damit nicht durch atmosphärische Einflüsse eine Wasseraufnahme eintreten kann, die Farbe in die kleinsten Vertiefungen eindringt und schnell trocknet.

Alle Anstrichmassen bestehen aus Mineralfarben und Leinölfirniss. Für die Grundirungsanstriche steht Bleimennige, eine Verbindung von Bleioxyd und Bleisuperoxyd obenan.

Weniger gut, aber häufig angewendet (wegen ihrer Billigkeit), ist die Eisenmennige.

Für die Deckanstriche, welche nach beendeter Montage zu erfolgen haben, sind es die grauen Farben, die am häufigsten Verwendung finden. (Blei- oder Zinkweiss mit Zusatz von Schwarz oder Zinkstaub.)

Andere Farben kommen seltener zur Anwendung.

Erste Bedingung bei allen Farben ist Freisein von Schwerspath. Es ist besonders darauf zu achten, dass bei mehrmaligem Anstrich immer der vorhergehende trocken ist, wenn der folgende darauf kommt.

Zum Verkitten unschädlicher Fugen, um das Eindringen von Wasser zu verhüten, wählt man am besten Bleiweisskitt aus gemahlenem, mit dickem Leinölfirniss angeriebenen Bleiweiss.

Das an manchen Orten übliche leichte Verstemmen von Fugen ist entbehrlich und wäre in vielen Fällen auch nicht durchführbar, wie z. B. dann, wenn die Winkelcaliber nicht rein und scharf gewalzt sind.

Nietung.

Wenn die einzelnen Constructionstheile behufs Vernietung zum Ganzen zusammengesetzt werden, so muss, um ein dichtes Aufeinanderpassen der Berührungsflächen zu erzielen, eine entsprechende provisorische Verbindung durch Dorne oder Schrauben vorgenommen werden.

Es genügt ein Drittel der vorhandenen Löcher mit Dornen oder Schrauben zu versehen. Ein Ausreiben nicht passender Löcher hat durch die Reibahle zu geschehen und wird das alleinige Durchtreiben von Dornen nur bei schon gut passenden Löchern genügen.

Fig. 61.

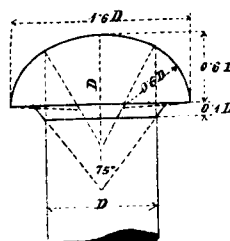
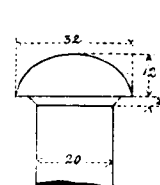


Fig. 62.



Die Nieten haben einen um circa 3 % kleineren Durchmesser, als das entsprechende Loch zu erhalten, um den glühenden Niet leicht einbringen zu können.

*) Behufs schnellerer Nietung.

*) Das Stanzen hat der Billigkeit wegen so starke Verwendung gefunden. Im Durchschnitte kostet das Bohren dreimal so viel, als das Stanzen für die gleiche Lochtiefe und Durchmesser.

Durchmesser und Form der Niete müssen mit der Dicke der zu verbindenden Theile in bestimmten Verhältnissen stehen, um eine solide Verbindung zu erhalten. Fig. 61 und 62 zeigen eine zweckmässige Form der Nietköpfe.

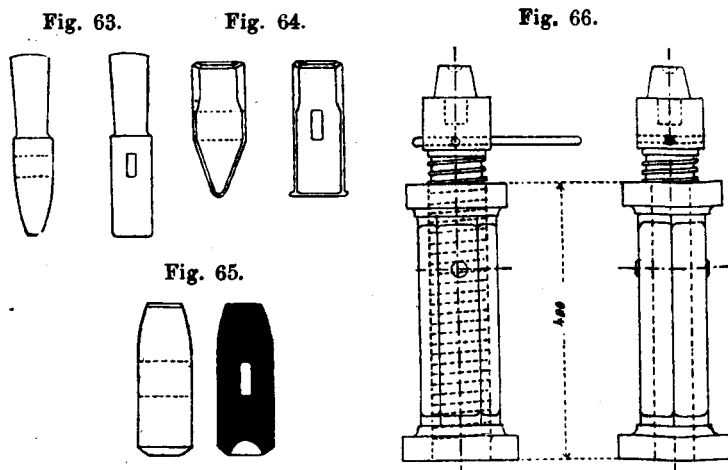
Die Hauptanforderungen, die an eine gute Vernietung gestellt werden müssen, sind: vollständige Ausstauchung des Nietloches und tadellose Bildung des Schliesskopfes.

Die Arten der warmen Nietung sind: Die Hand- und Maschinen-Nietung. Die Handnietung wird sowohl im Werke, als auf der Montage immer durch eine Nietpartie ausgeführt, bestehend aus fünf Mann, nämlich: 1 Heizer, 1 Vorhalter, 1 Vornierter und 2 Zuschläger.

Im Durchschnitte schlägt eine solche Partie im Tage (10 Stunden) 400 Nieten im Werke und auf dem Bauplatze unter ungünstigeren Verhältnissen 200.

Der Vorgang beim Nieten selbst ist folgender:

Der bereits mit einem Setzkopfe versehene Niet wird in einem Ofen oder einer Feldschmiede (die mit Steinkohle oder Coks geheizt werden können) hellrothglühend gemacht und in das Nietloch eingesteckt. Der Setzkopf wird nun durch die Nietvorhaltwinde*) unterstützt und der Vornierter und die Zuschläger stauchen das vorstehende Nietende mit den Stauchhämmern ($1\frac{1}{4}$ —2 kg) so lange, bis der Schliesskopf in roher Form hergestellt ist. Sodann setzt der Vornierter den Schellhammer auf und durch Zuschlagen mit Vorschlaghämmern (4—6 kg schwer, je nach der Grösse des Niertes) wird die genaue Form des Schliesskopfes erzielt. In den Fig. 63—66 sind die Werkzeuge der Handnietung dargestellt.



Bei der Maschinen-Nietung wird bei Anwendung stationärer oder transportabler hydraulischer Maschinen (als der besten) der Schliesskopf durch einen einzigen Druck hergestellt.

Die Köpfe der Maschinen-Nietung können grösser gehalten werden und die Bildung derselben ist auch eine viel gleichmässiger und vollkommener, als bei der Handnietung. Durch Erhaltung des Pressdruckes während einiger Zeit wird nach Versuchen eine viel dichtere Nietung erzielt, als durch Applicirung des Druckes auf einmal, wie dies gewöhnlich geschieht.

*) An den Stellen, wo eine Winde nicht angesetzt werden kann, bedient man sich der weniger guten Vorhaltstangen oder eigens construirter Hebelvorrichtungen.

Soviel steht fest, dass die Maschinen-Nietung der Handnietung weit überlegen ist und es wünschenswerth erscheinen lässt, wenn dieselbe sich bald einer ausgedehnteren Verbreitung, als dies bis jetzt der Fall ist, erfreuen würde.

Der bei der Handnietung oft wahrnehmbare Umstand, dass in Folge der Verwendung zu kurzer Nietschäfte nach Bildung des Kopfes durch Eindringen des Schellhammers in das Arbeitsstück eine ringförmige Vertiefung entsteht, soll vermieden werden und der bei Vorhandensein genügenden Materials zur Bildung des Schliesskopfes an denselben entstehende Grat (Bart) ist durch Hohlmeissel zu entfernen, um eine saubere Nietung zu erhalten. Excentrisch geschlagene Nietköpfe, sowie lockere Nieten sind zu entfernen.

Es ist natürlich geboten, im Werke soviel wie möglich zu nieten, weil diese Arbeit ungleich sorgsamer und besser geleistet werden kann, als unter den ungünstigeren Verhältnissen am Bauplatze.

Inwieweit dies aber im Werke ausführbar ist, hängt mit der speciellen Construction, beziehungsweise mit der concentrirten Anordnung der Stösse, sowie mit dem Transport der Stücke zum Bauplatze, den vorhandenen Transportmitteln und Zufahrtsstrassen zusammen.

Theile, insbesondere schwächere, welche durch das Vernieten krumm geworden, sind wieder gerade zu richten.

Die Theile der Fahrbahn, wie Quer- und Längsträger, werden in der Regel im Werke vernietet.

Verschraubung.

Ueberall dort, wo die Nietung nicht anwendbar erscheint, da der Durchmesser*) oder die Länge**) zu gross werden würden, werden Schrauben vortheilhaft benützt. Der Schraubenbolzen ist entweder cylindrisch oder schwach conisch ($\tau\delta\sigma$) abgedreht, und soll ein scharfgängiges Gewinde, sowie angestauchte Köpfe besitzen.

Der Durchmesser der Schrauben muss ebenfalls mit der Dicke der zu verbindenden Platten in bestimmten Verhältnissen stehen, damit der Druck auf die Lochleibung, bzw. Schaftfläche keine Deformation hervorbringt.

Conische Löcher für ebensolche Schrauben sind durch conische Reibahlen herzustellen.

Es ist eine vollständig genaue Arbeit nothwendig und dies insbesondere bei grösseren Bolzen (Gelenkbolzen).

Die Muttern sind gegen Lockerwerden zu sichern, und haben die Dimensionen derselben den gestellten Anforderungen zu genügen.

Nachdem nun nicht alle Nieten in der Werkstätte geschlagen und auch nicht alle Schrauben daselbst eingezogen werden, erscheint es nothwendig für das sowohl in der Werkstätte als für das später bei der Montage erforderliche Befestigungsmaterial vorzusorgen. Dies geschieht durch die Aufstellung der schon erwähnten Materiallisten, welche den ganzen Bedarf***)) enthalten.

*) Grösser als 26 mm.

**) Grösser als 80 mm.

***)) Mit Rücksicht auf die durch Verbrennen unbrauchbar gewordenen Nieten sowie sonstige Verluste kann ein bis 5% grösserer Gesamtbedarf sich herausstellen.

Wir geben die Liste für das Verbindungsmaterial im nachstehenden Schema, aus welchem auch gleich die für die Bildung der Schliessköpfe erforderliche Materialmenge zu ersehen ist.

Bedarf an Nieten, Schrauben, Futterringen für.....

Materialstärke der Constructions-Elemente, welche mit einander zu verbinden sind. Millimeter								Benanntlich	Stückzahl	Schaftlänge	Diameter	Zugabe	Totallänge	
16	15	14	13	12	11	10	9							8
—	—	—	—	1	—	—	—	1	Verticale Gurtketten...	720	20	22	28	48
—	—	1	—	1	—	—	—	1	" "	56	34	22	30	64
—	—	—	—	1	—	—	—	4	" "	300	44	22	30	74

Als empirische Regel für die Bestimmung der Zugabe zur Schaftlänge behufs Bildung des Schliesskopfes gilt auch: für Nieten von 18—26 mm Durchmesser bei einer Materialstärke

bis zu 30 mm beträgt die Zugabe 28 mm

von 30—50 " " " " 30 "

über 50 " " " " 35 "

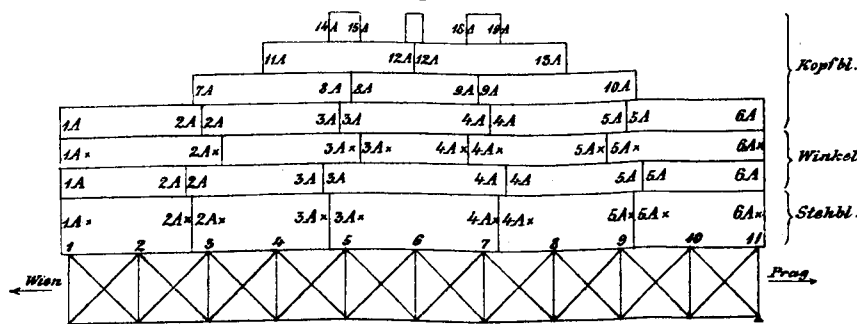
für versenkt geschlagene Köpfe genügt die Hälfte dieser Werthe.

Mit Vorstehendem wären die eigentlichen Arbeiten zur Herstellung der Brücken in der Werkstätte abgeschlossen. Wir schliessen aber daran noch einige eng damit zusammenhängende Bemerkungen über Numerierungspläne, Abwage und Transport im Werke, Versandt, Kosten, Prüfung und Uebernahme des Materials.

Numerierungspläne.

Beim Anlegen der Träger sowie während der Bearbeitung einzelner Constructionstheile, werden die einzelnen Arbeitsstücke mit Buchstaben und Ziffern, die mittelst Körner oder Stempel eingeschlagen werden, versehen, um während

Fig. 67.



der Arbeit als später bei der Montirung eine Verwechslung gleichartig bearbeiteter Constructionstheile zu vermeiden. Die auf solche Art entstehenden Numerierungspläne sind in den meisten Fällen für die Montirung einer Brücke (wenn nicht besondere Arbeiten am Bauplatze zu leisten sind) allein ausreichend.

Bei Brücken mit mehreren gleichen Öffnungen muss auch die Numerirung derselben aus früher angeführten Gründen verschieden sein, damit nicht ein Stück einer Öff-

nung an der correspondirenden Stelle der nächsten Öffnung Verwendung findet.

Das Princip einer Numerirung sei durch Fig. 67, 68 gegeben.

Die Lage der Träger an der Baustelle ist durch die Angabe der Bahnrichtung fixirt.

Die Numerirung beginnt mit 0 oder 1 und schreitet von links nach rechts bei jedem Träger fort. Der eine Träger wird in seinen Gurtungen mit A und B, der andere mit C und D bezeichnet.

Bei jedem Stosse stehen die gleichen Zeichen. Die innenliegenden Constructionstheile erhalten die Nummern und Buchstaben, die aussenliegenden Nummern, Buchstabe und eine Marke X.

Die Knotenpunkte sind ebenfalls von links nach rechts fortlaufend numerirt.

Alle an ein und denselben Knotenpunkt angreifenden Gitterstäbe und Theile der Fahrbahn erhalten die gleiche Nummer und Zeichen.

Eine andere Art der Numerirung, deren es sehr viele gibt, besteht darin, dass der Obergurt den Buchstaben O, der Untergurt den Buchstaben U erhält. Das eine Gitter wird mit arabischen, das andere mit römischen Ziffern bezeichnet.

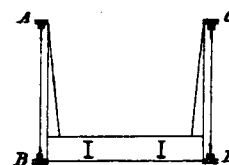
Der Buchstabe A bedeutet „aussen“, I „innen“. Bei schiefen Brücken, wo zwei Querträger an denselben Endständer angreifen, beginnt die Numerirung, an einem Ende mit 0, am andern mit 1.

Abwage und Transport im Werke.

Nach Fertigstellung der Construction wird zur Auseinandernahme der Hauptträger und zur Abwage geschritten.

Der Transport der einzelnen Stücke von der Zulage oder dem Lagerplatze zur Wage geschieht unter Verwendung der vorhandenen Hebezeuge, dort, wo Geleise angelegt sind, mittelst Rollwagen auf diesen, oder wo dies nicht der Fall ist, mittelst grösserer oder kleinerer Handwagen.

Fig. 68.



Den Vorzug verdienen Rollwagen, welche direct auf die Waage auffahren können und von hier zum Verladeplatze (Verladekahn) weitergeführt werden.

Die Abwage ergibt das wirkliche Gewicht, das den Abzahlungen zu Grunde gelegt wird, und es kann in vielen Fällen eine Toleranz von $\pm 3\%$ gegen das gerechnete Gewicht gestattet werden.

Dies hat im Walzprocesse, sowie in der Abweichung des wirklichen specifischen Gewichtes von dem angenommenen

(7·8) und in den bei der Gewichtsrechnung nicht genau berücksichtigten Formen der Constructionstheile seinen Grund.

Die Abwage soll analog der Gewichtsrechnung, indem wieder zwischen Gurtungen, Gitterwerk, Fahrbahn etc. unterschieden wird, vorgenommen werden.

Ueber die Abwage wird ein Protokoll ausgestellt, auf dessen Rückseite auch zugleich die Kostenrechnung angebracht sein kann. Darüber geben die beistehenden Formen Aufschluss.

Abwage-Protokoll Nr.....

aufgenommen in der..... am..... 188.

Gegenstand

ist die Abwage der von der Firma..... in Folge der Bestellung vom 188. Nr..... angefertigten eisernen Brücken und einzelner Bestandtheile derselben. Die zur Abwage gestellten Bestandtheile fertiger Brücken wurden den Zeichnungen und Lieferungsbedingungen vollkommen entsprechend gefunden und daher abgewogen.

Resultat der Abwage.

Bezeichnung des Objectes	Stück- zahl	Bezeichnung der Bestandtheile	Gewicht
			Kilogramm

Kostenberechnung

der jenseits verzeichneten eisernen Brückenbestandtheile oder Brücken nach dem vorgefundenen Gewichte.

Bezeichnung des Objectes	Benennung des Materials	Gewicht	Einheits- Preis		Betrag	
		Kilogr.	fl.	kr.	fl.	kr.

Versandt.

Nach der Abwage kommen die Constructionstheile zur Verfrachtung. Das Material geht entweder direct mit den Rollwägen oder mit den genannten Handwägen zum Verladeplatze, wo entweder die Verladung (wie in den meisten Fällen) gleich in die Waggon mittelst eines Verladekrahnes erfolgt, oder es wird in gewöhnliche Wagen verladen (wo eine Bahnverbindung mit dem Werke fehlt).

Bei dem Verladen in die Waggon muss auf die Verladeprofile der betreffenden Bahnen Rücksicht genommen werden.

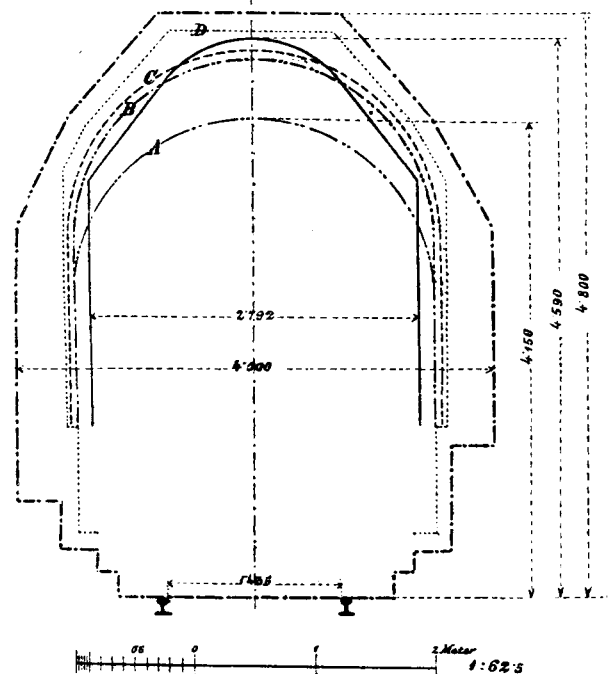
Es ist daher angezeigt, wenn diese Verladeprofile, so wie sie auf den Bahnhöfen, auch im Werke aufgestellt werden, um gleich eine Controle für das richtige Verladen zu haben.

Bei grösseren Längen (über 6·3 m) der einzelnen Stücke muss bereits über zwei Waggon verladen werden.

Im Nachstehenden sind die Verladeprofile einzelner Bahnen skizzirt.

Es ist zweckmässig die einzelnen zum Versandt kommenden Stücke mit fortlaufenden Nummern zu versehen, welche auch als Colli-Nummer auf dem Frachtbriefe erscheinen können.

Fig. 69.



— Ladeprofil für die belg. Staatsbahn u. franz. Nordbahn.

—	Ladeprofil A	3·00	breit,	4·15	hoch.
—	"	B	3·00	"	4·40
—	"	C	3·15	"	4·50
—	"	D	3·20	"	4·65
—	Normalprofil des lichten Raumes.				

K. k. Nordbahn,
Hauptbahn,
Flügelbahnen u.
mähr.-schles.
Nordbahn.

Ein so angefertigtes Verzeichniss mit der näheren Bezeichnung des Stückes (Gurtungsglied, Gitterstab etc.) bleibt im Werke zurück, so dass bei einem etwaigen Verluste während des Transportes, sofort nach Bekanntgabe desselben im Werke, die theilweise Anarbeitung und Nachsendung des betreffenden Stückes vorgenommen werden kann. Wo dies nicht geübt wird, bleibt nichts anderes übrig, als das rohe unbearbeitete Stück wegzusenden, und die Bearbeitung erst an Ort und Stelle zu besorgen.

Mit Rücksicht auf den Versandt und etwaigen Transport mit gewöhnlichen Fuhrwerken, den localen Verhältnissen der Baustelle, wird auch das Gewicht und die Länge der in der Werkstätte zu vernietenden Theile zu bestimmen sein.

Man wird bei der Construction auch auf diesen Punkt Rücksicht zu nehmen haben.

Arbeits- und Gesamtkosten.*)

Da auf die Calculation eines Gegenstandes der Lohnbetrag, als Hauptfactor, den grössten Einfluss übt, so muss dieser für die einzelnen Arbeiten möglichst genau festgestellt werden.

*) Ausführliches und reiches Material über diesen Punkt liegt in dem soeben erschienenen Werke von A. Messerschmitt: „Die Calculation der Eisenconstructionen“, Essen 1884, vor.

Diese Lohnbeträge werden im Allgemeinen für die verschiedenen Fabrikationsorte auch verschiedene sein.

Andererseits wird aber doch das Verhältniss zwischen den Arbeitskosten verschiedener Constructions-Systeme ein nahe übereinstimmendes auch an verschiedenen Orten sein. Es wird sich daher für bestimmte Constructions ein bestimmter Lohn herausstellen, der in der Regel auf die Basis von 100 kg reducirt wird.

Dieser Arbeitslohn wird, so z. B. verschieden sein für Blechbrücken (fl. 1·50), für Gitterbrücken mit Parallelträgern (fl. 1·70) und für Träger mit gekrümmten Gurtungen (fl. 2).

Die beigesetzten Werthe, die hier nur als Mittelwerthe zu betrachten sind, dienen zur Grundlage der Calculation. In diese ist ferner der Preis des Rohmaterials, die General- und Werkstättenregie, der Anstrich, die Montirung etc. einzubeziehen.

Sind diese speciellen Daten bekannt, so können auch verschiedene Trägersysteme, die aber im Uebrigen nach gleicher Grundlage construirt worden sind, in Bezug auf den Kostenpunkt mit einander verglichen werden.

Es wäre z. B. nach Obigem, für einen

	Parallelträger pro 100 kg	Träger mit gekr. Gurtung pro 100 kg
Rohmaterial	fl. 14·00	fl. 14·00
Lohn	" 1·70	" 2·00
Regiespesen	" 1·70	" 2·00
Anstrich	" 0·10	" 0·10
Montirung (ohne Rüstung)	" 2·00	" 2·20
	fl. 19·50	fl. 20·30
Nutzen	" 2·00	" 2·10
Kosten pro 100 kg	fl. 21·50	fl. 22·40

Mithin stellt sich der Unterschied im Preise des Parallelträgers und dem des gekrümmten Trägers im Maximum mit fl. 1 pro 100 kg heraus.

Bei rationellen Constructions, die hier nur maassgebend sind, wird mit dieser Differenz gegenwärtig immer calculirt werden können. Um mit speciellen Zahlen dies weiter illustriren zu können, wäre z. B. eine Eisenbahnbrücke von 40 m Stützweite, Parallelträger, Bahn unten mit einer Halbparabelträgerbrücke von ganz gleicher Grundlage zu vergleichen. Hat die Brücke mit Parallelträgern ein Eisengewicht von 760 q, so hat die der Halbparabelträger ein solches von 680 q, mithin stellen sich die Kosten der Eisenconstruction bezw. auf $760 \times 21·5 = 16.340$ fl. und $680 \times 22·50 = 15.300$ fl., daher für den Halbparabelträger billiger als für den Parallelträger, welche Thatsache ganz allgemein für Balkenträger mit polygonalen Gurtungen gilt.

Um die Gesamtkosten einer Brücke loco Bauplatz zu bestimmen, kommen noch die Frachtspesen, sowie die Herstellung des Gerüsts in Betracht, worauf die localen Verhältnisse bestimmend Einfluss nehmen.

Bei Strassenbrücken kommt noch die specielle Construction der Fahrbahn bei den Calculationen mit in Betracht. Der Preis solcher Constructions muss separat bestimmt werden.

In dieser Beziehung stellen sich die Zorés-Eisen, abgesehen von ihren sonstigen Vorzügen, als Belageisen am billigsten, da sie nur eine geringe Bearbeitung erfordern.

Prüfung des Materials.

Nach der Anlieferung des Materials ist dasselbe nach den Bestimmungen des Bedingnisshettes auf seine Qualität zu prüfen.

Viele der bis jetzt üblichen Bedingnisshette enthalten in dieser Richtung oft die widersprechendsten Anforderungen und entsprechen keineswegs denjenigen, die wir an das Material zu stellen berechtigt sind. Eine Reform auf diesem Gebiete erscheint dringend nothwendig.

Es ist klar, dass, so lange man sich nicht über die wirkliche Qualität eines zu einer Construction verwendeten Materials die Ueberzeugung verschafft, auch die Construction sich einer richtigen Beurtheilung entziehen wird, was gewiss umso unangenehmer empfunden werden muss, als doch gerade in diesem Umstande das Grundprincip all' unserer Rechnungen und Constructions wurzelt. Mangelt daher die richtige Grundlage einer Qualitätsbestimmung, so treten willkürliche Annahmen an deren Stelle.

Die Proben, welche mit dem Brückenmaterial vorzunehmen sind, theilen sich in:

1. Besichtigungsproben;
2. Biegeproben;
3. Zerreißproben.

Die Besichtigungsproben haben bereits an einer anderen Stelle Erwähnung gefunden.

Durch die Biegeproben kann das Eisen auf Vorhandensein von Kalt- oder Rothbruch untersucht werden, daher Kalt- und Warmproben anzustellen sind. Die vom Material abgetrennten Streifen werden bis zu einem vorgeschriebenen Winkel gebogen. (15—50°.)

Für die Untersuchung auf Rothbruch wird die Ausbreitprobe gewählt, indem die rothwarm gemachten Versuchsstücke auf das $1\frac{1}{2}$ fache ihrer Breite sich ausbreiten lassen sollen, ohne eine Trennung zu zeigen.

Für Niet- und Schraubeneisen kommt die Schleifen- und Stauchprobe zur Anwendung. Nietmaterial muss sich kalt um einen Dorn mit dem Durchmesser gleich der Rundeisenstärke zu einer Schleife biegen und sollen Stücke von einer Länge gleich dem doppelten Durchmesser auf $\frac{1}{3}$ dieser Länge sich zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Bei der Prüfung von Gusseisen beschränkt man sich nur auf die Besichtigung. Die Gussstücke müssen aus grauem weichen Gusseisen sauber gegossen sein, dürfen keine Blasen, Risse oder schiefrige Theile haben.

Ein gegen die Kante geführter Hammerschlag muss einen Eindruck zurücklassen, ohne dass die Kante abspringt.

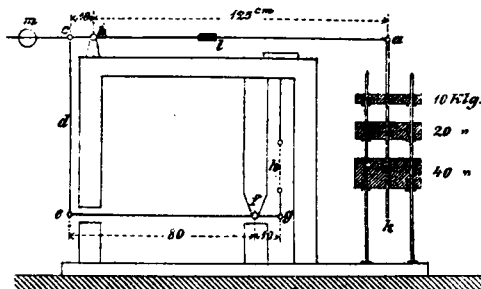
Den besten Aufschluss über die wichtigsten Eigenschaften, nämlich Festigkeit und Zähigkeit, des Materials geben die Zerreißversuche. Zur Vornahme solcher Versuche stehen nicht in allen Werken die geeigneten Vorrichtungen zur Verfügung.*) Wir geben in Fig. 70 das Princip einer besseren Zerreißmaschine.

*) Die beste Maschine hiefür ist die Werder'sche Zerreißmaschine, die meist nur in den technischen Versuchsanstalten zu finden ist. Ueber Construction dieser Maschine, siehe K. Jenny, „Festigkeitsversuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate“, über andere Maschinen: Techn. Blätter 1883. I. Heft.

Den Zerreissversuchen liegen nun die Qualitätsansätze, welche erfüllt werden müssen, wenn das Material übernommen werden soll, zu Grunde. Diese Ansätze basiren gegenwärtig auf verschiedenen Ansichten. Sie sind in Folgendem gegeben.

Der Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen nominirt die Festigkeit und die Contraction an der Bruchstelle als Qualitätsmaass und acceptirt den Wöhler'schen Qualitätscoëfficienten, bestehend aus: n = Bruch in kg pr. mm^2 + Contraction in % und fordert, dass die Summe der aus dem Versuch hervorgegangenen Grössen mindestens eine Zahl n erreicht, die grösser als die Summe der normirten Minima von Festigkeit und Contraction ist. Doch haften diesem Systeme viele Mängel an. Besser ist die Grundlage, die absolute Festigkeit und das Product aus Festigkeit und Dehnung, die Arbeitscapacität, als Qualitätsmesser aufzustellen. Letzteres Product ist, als spezifische Arbeitscapacität, gegeben durch $c = \beta \cdot \lambda$, worin c der Qualitäts-

Fig. 70.



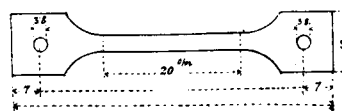
Erklärung: abc und efg sind doppelarmige Hebel mit den Stützpunkten b und f . d eine Verbindungsstange dieser Hebel. h das zum Zerreissen bestimmte Versuchsstück, welches zwischen den Kolben einer hydraulischen Presse und dem Ende des kurzen Armes des Hebels efg eingespannt ist. k eine bei a aufgehängte Stange, an welcher nach Belieben die 10, 20, 40 kg schweren Gewichte befestigt werden können. i ein auf ab verschiebbares, 10 kg schweres Gewicht. Das Gewicht m dient zum Ausbalanciren des Hebelsystems. Da das Verhältniss der Hebelarme ab und bc , 125:10 und jenes der Hebelarme ef und fg 80:10 ist, so wird ein am Punkte a angehängtes Gewicht G in dem Versuchsstücke einen Zug Z hervorbringen, dessen Grösse bestimmt ist durch $Z = G \frac{125 \cdot 80}{10 \cdot 10} = 100 G$. Es wird somit je nach dem an den Punkten a , 10, 20, 40 kg angehängt werden, in den Versuchsstücken ein Zug von 1000, 2000, 4000 kg entstehen. Um jedoch auch einen Zug von 1–1000 kg erzeugen zu können, befindet sich auf dem in 1000 gleiche Theile getheilten Hebelarm ab das früher erwähnte Gewicht i .

coëfficient durch β den Bruchmodul in tonns pro cm^2 und λ die Dehnung in % einer bestimmten Stablänge (20 cm) ausgedrückt ist.

Auf dieser Grundlage hat Prof. Tetmayer eine Classification und Qualitätsansätze für die verschiedenen Constructionsmaterialien aufgestellt, die gegenwärtig als den thatsächlichen Verhältnissen am besten entsprechend, auch zur Anwendung sich am meisten empfehlen.*)

Zu den Proben auf Zugfestigkeit sind nach Fig. 71 Versuchstücke von 3–3.5 cm^2 Querschnittsfläche und einer Länge von 20 cm zwischen den Körnern durch Bearbeitung auf kaltem Wege herzustellen.

Fig. 71.



Schärfer als die Bestimmungen für Schweisseisen sind solche für Flusseisen zu treffen.

Ueber dieses Material liegen bis heute noch nicht die Versuche vor, welche eine Aufstellung von Normen gestatten würden. Nur soviel steht fest, dass bei diesem Material ein besonderes Maass von Zähigkeit werthvoller sein muss, als die höhere Festigkeit.**)

Die vorgenommenen Materialproben werden nun bestimmen, ob dasselbe übernommen werden kann, oder deren Uebernahme zu verweigern ist.

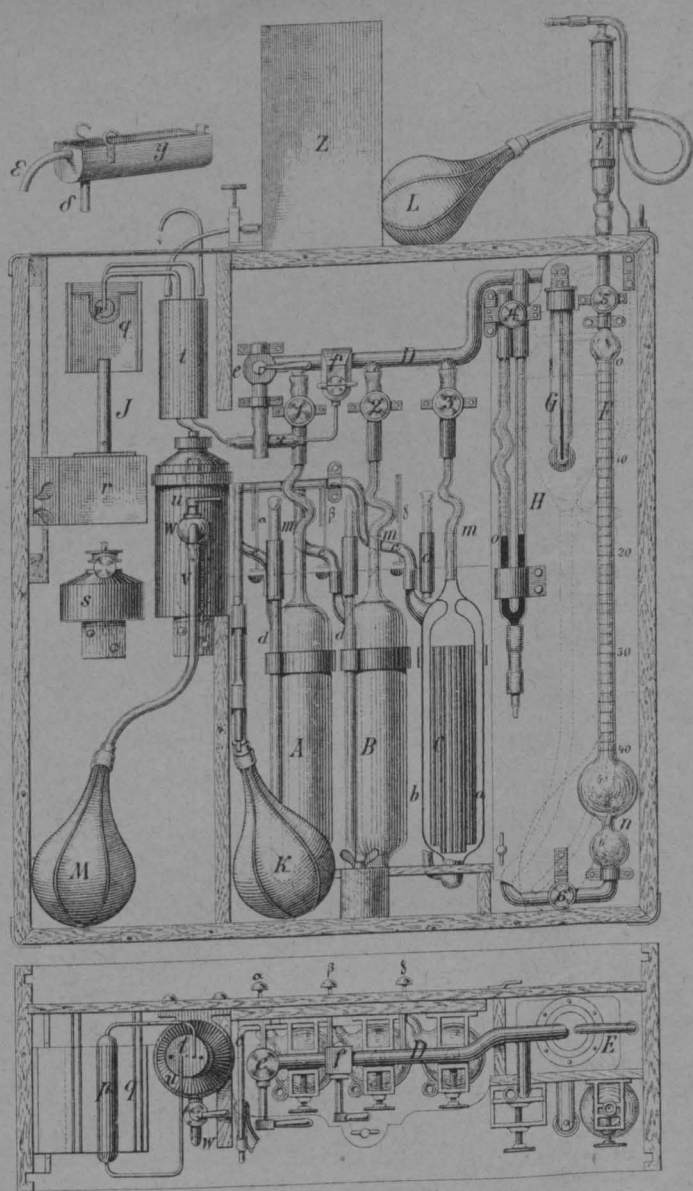
Das übernommene Material wird mit einem Uebernahmezeichen (Stempel) versehen.

*) Vergleiche: Einheitliche Nomenclatur und Classification von Bau- und Constructionsmaterial. I. Theil. Eisen und Stahl. Angenommen und herausgegeben durch den Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1883.

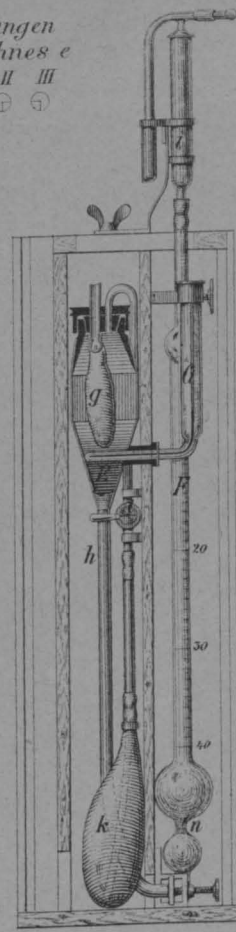
**) Nachdem die Qualität aber auch immer durch die Preisfrage beeinflusst wird, so kann nur eine Einigung zwischen Consumen und Producenten zu befriedigenden Resultaten führen und es wäre daher wünschenswerth, wenn die einzelnen Hüttenwerke auf dieser Tetmayer'schen Grundlage die Classification ihrer für den Massenconsum erzeugten Materialien bekannt geben würden.

Andererseits ist es natürlich, dass solche Qualitätsvorschriften nicht für alle Werke gelten können, daher dem Productionsorte immer anzupassen sein werden.

GAS-ANALYSEN-APPARAT.



Stellungen
des Hahnes e
I II III
⊙ ⊙ ⊙



LORBER: DAS ROLLPLANIMETER V. CORADI

